

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-82280

(P 2 0 0 2 - 8 2 2 8 0 A)

(43) 公開日 平成14年3月22日 (2002. 3. 22)

(51) Int. Cl.

識別記号

F I

テマコード (参考)

G02B 13/00

G02B 13/00

2H087

13/18

13/18

5D119

G11B 7/135

G11B 7/135

A

Kinura et al
2002/0012313

審査請求 未請求 請求項の数134 O L (全58頁)

(21) 出願番号 特願2000-330009 (P 2000-330009)

(71) 出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

(22) 出願日 平成12年10月30日 (2000. 10. 30)

(72) 発明者 木村 徹

東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株式会社内

(31) 優先権主張番号 特願2000-139836 (P 2000-139836)

Fターム (参考) 2H087 KA13 LA26 NA01 PA01 PA03

(32) 優先日 平成12年5月12日 (2000. 5. 12)

PA17 PB01 PB03 QA02 QA07

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

QA14 QA19 QA21 QA25 QA34

(31) 優先権主張番号 特願2000-189466 (P 2000-189466)

QA41 QA46 RA05 RA12 RA13

(32) 優先日 平成12年6月23日 (2000. 6. 23)

RA32 UA01

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

5D119 AA32 EC01 FA05 JA44 JB02

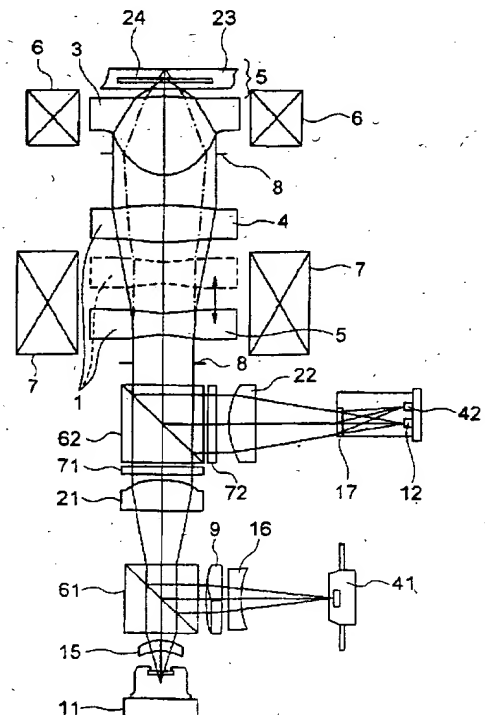
LB08

(54) 【発明の名称】 光ピックアップ装置、対物レンズ及びビームエキスパンダー

(57) 【要約】

【課題】 半導体レーザのモードホップに起因する球面収差の変動を効果的に補正できる光ピックアップ装置及び光学系を提供する。

【解決手段】 半導体レーザである光源11と対物レンズ3との間に、対物レンズ3で発生する球面収差の変動を補正する手段(負レンズ4)を設けているので、半導体レーザ11にモードホップ現象などが生じて、発振波長に変動が生じた場合でも、それに起因する対物レンズ3の球面収差の変動を、効果的に抑制することが出来る。又、環境温度や湿度変化に応じて、対物レンズ3に屈折率変化が生じたような場合でも、それに起因する対物レンズ3の球面収差の変動を、効果的に抑制することが出来る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記対物レンズは、少なくとも1枚のプラスチック材料からなるレンズを含み、

前記光源と前記対物レンズとの間に、温度 $-30^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $5\%\sim90\%$ の間の環境変化に対して、前記対物レンズの形状及び屈折率の少なくとも一方の変化および前記光源の発振波長変動により生じる、球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項2】 発振波長 λ の光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、球面収差の変動を補正する手段を設け、

前記球面収差の変動を補正する手段は、 $0.2\lambda\text{rms}$ までの球面収差を $0.07\lambda\text{rms}$ 以下に補正可能であることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項3】 前記球面収差の変動を補正する手段は、 $0.5\lambda\text{rms}$ までの球面収差を $0.07\lambda\text{rms}$ 以下に補正可能であることを特徴とする請求項2に記載の光ピックアップ装置。

【請求項4】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記対物レンズで発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項5】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微小変動に起因して前記対物レンズで発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項6】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、温湿度変化に起因して前記集光光学系で発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項7】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微小変動及び温湿度変化に起因して前記集光光学系で発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項8】 前記球面収差の変動を補正する手段は、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項9】 前記球面収差の変動を補正する手段は、1枚の正レンズを含み正の屈折力を有する正レンズ群と、1枚の負レンズを含み負の屈折力を有する負レンズ群とを有し、少なくともその一方のレンズ群は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項10】 前記球面収差の変動を補正する手段は、次式を満たすことを特徴とする請求項8に記載の光ピックアップ装置。

$$\nu d P > \nu d N$$

ただし、

$\nu d P$ ：前記正レンズを含む全正レンズのd線のアッベ数の平均

$\nu d N$ ：前記負レンズを含む全負レンズのd線のアッベ数の平均

【請求項11】 前記球面収差の変動を補正する手段は、次式を満たすことを特徴とする請求項9に記載の光ピックアップ装置。

$$\nu d P > \nu d N$$

ただし、

$\nu d P$ ：前記正レンズを含む全正レンズのd線のアッベ数の平均

$\nu d N$ ：前記負レンズを含む全負レンズのd線のアッベ数の平均

【請求項12】 前記 $\nu d P$ と前記 $\nu d N$ が次式を満たすことを特徴とする請求項10に記載の光ピックアップ装置。

$$\nu d P > 5.5$$

$$\nu d N < 3.5$$

【請求項13】 前記 $\nu d P$ と前記 $\nu d N$ が次式を満たすことを特徴とする請求項11に記載の光ピックアップ装置。

$$\nu d P > 5.5$$

$$vdN < 35$$

【請求項14】 前記球面収差の変動を補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式が成立することを特徴とする請求項8、10又は12に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta d \cdot |fP / fN| / \Delta vd \leq 0.05$$

ただし、

Δd : 情報の記録又は再生が可能な任意の1つの光情報記録媒体の1つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量 (mm)

fP : 前記正レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

fN : 前記負レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

Δvd : 前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッペ数の最大値と負レンズのアッペ数の最小値との差

【請求項15】 前記球面収差の変動を補正する手段は、次式が成立することを特徴とする請求項9、11、又は13に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta d \cdot |fP / fN| / \Delta vd \leq 0.05$$

ただし、

Δd : 情報の記録又は再生が可能な任意の1つの光情報記録媒体の1つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量 (mm)

fP : 前記正レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

fN : 前記負レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

Δvd : 前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッペ数の最大値と負レンズのアッペ数の最小値との差

【請求項16】 前記光ピックアップ装置は、少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、

前記球面収差の変動を補正する手段は、透明基板厚が互いに異なる少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して、それぞれの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項8、10又は12に記載の光ピックアップ装置。

【請求項17】 前記光ピックアップ装置は、少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、

前記球面収差の変動を補正する手段は、透明基板厚が互いに異なる少なくとも2種類の光情報記録媒体に対し

て、それぞれの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項9、11、13乃至15のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項18】 前記光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、

前記球面収差の変動を補正する手段は、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項8、10又は12に記載の光ピックアップ装置。

【請求項19】 前記光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、

前記球面収差の変動を補正する手段は、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項9、11、13乃至15のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項20】 前記2種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれa、b (a < b) としたとき、前記透明基板厚aの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚bの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズと前記正レンズの間隔を増加させることを特徴とする請求項16に記載の光ピックアップ装置。

【請求項21】 前記2種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれa、b (a < b) としたとき、前記透明基板厚aの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚bの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズ群と前記正レンズ群の間隔を増加させることを特徴とする請求項17に記載の光ピックアップ装置。

【請求項22】 前記球面収差の変動を補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式を満たすことを特徴とする請求項16、18又は20に記載の光ピックアップ装置。

$$|fP / fN| \geq 1.3$$

ただし、

fP : 前記正レンズ群の焦点距離 (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

fN : 前記負レンズ群の焦点距離 (ただし、前記負レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折

パワーとを合わせた全体の焦点距離)

【請求項23】 次式を満たすことを特徴とする請求項17、19又は21に記載の光ピックアップ装置。

$$|fP/fN| \geq 1.3$$

ただし、

fP：前記正レンズ群の焦点距離（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

fN：前記負レンズ群の焦点距離（ただし、前記負レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折

【請求項24】 球面収差の変動に応じて前記可動要素を光軸に沿って変移させる変移装置を有することを特徴とする請求項8乃至23のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項25】 前記可動要素は、比重2.0以下の材料から形成されていることを特徴とする請求項8乃至24のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項26】 前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項8乃至25のいずれかに記載の光

【請求項27】 前記可動要素は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項8乃至25のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項28】 前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、少なくとも一方の面に非球面を有することを特徴とする請求項8乃至27のいずれかに記載の光

【請求項29】 前記可動要素の少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする請求項27に記載の光

【請求項30】 前記球面収差の変動を補正する手段は、飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項8乃至29のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項31】 前記球面収差の変動を補正する手段は、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項8乃至30のいずれかに記

【請求項32】 前記球面収差の変動を補正する手段は、前記1枚の正レンズと前記1枚の負レンズとから構成されたことを特徴とする請求項8乃至31のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項33】 前記球面収差の変動を補正する手段は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を含むことを特徴とする請求項8乃至32のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項34】 前記球面収差の変動を補正する手段

は、屈折率分布変化が可能な素子を有することを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項35】 光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記対物レンズで発生する球面収差の変動と前記対物レンズで発生する軸上色収差とを補正する手段を設けたことを特徴とする光

【請求項36】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする請求項35に記載の光ピックアップ装置。

【請求項37】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、1枚の正レンズを含み正の屈折力を有する正レンズ群と、1枚の負レンズを含み負の屈折力を有する負レンズ群とを有し、少なくともその一方のレンズ群は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする請求項35に記載の光ピックアップ装置。

【請求項38】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、次式を満たすことを特徴とする請求項36に記載の光ピックアップ装置。

$$vdP > vdN$$

ただし、

vdP：前記正レンズを含む全正レンズのd線のアッペ数の平均

vdN：前記負レンズを含む全負レンズのd線のアッペ数の平均

【請求項39】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、次式を満たすことを特徴とする請求項37に記載の光ピックアップ装置。

$$vdP > vdN$$

ただし、

vdP：前記正レンズを含む全正レンズのd線のアッペ数の平均

vdN：前記負レンズを含む全負レンズのd線のアッペ数の平均

【請求項40】 前記vdPと前記vdNが次式を満たすことを特徴とする請求項38に記載の光ピックアップ装置。

$$vdP > 5.5$$

$$vdN < 3.5$$

【請求項41】 前記vdPと前記vdNが次式を満たすことを特徴とする請求項39〔21〕に記載の光ピックアップ装置。

$$v d P > 5.5$$

$$v d N < 3.5$$

【請求項42】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式が成立することを特徴とする請求項36、38又は40に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta d \cdot |f P / f N| / \Delta v d \leq 0.05$$

ただし、

Δd : 情報の記録又は再生が可能な任意の1つの光情報記録媒体の1つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記〔球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の〕可動要素の移動量 (mm)

$f P$: 前記正レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

$f N$: 前記負レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

$\Delta v d$: 前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差

【請求項43】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、次式が成立することを特徴とする請求項37、39又は41に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta d \cdot |f P / f N| / \Delta v d \leq 0.05$$

ただし、

Δd : 情報の記録又は再生が可能な任意の1つの光情報記録媒体の1つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量 (mm)

$f P$: 前記正レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

$f N$: 前記負レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

$\Delta v d$: 前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差

【請求項44】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式が成立することを特徴とする請求項36、38又は40に記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta d \cdot |f P / f N| \leq 0.50$$

ただし、

Δd : 情報の記録又は再生が可能な任意の1つの光情報記録媒体の1つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量 (mm)

$f P$: 前記正レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

$f N$: 前記負レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

$\Delta v d$: 前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差

【請求項45】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、次式が成立することを特徴とする請求項37、39、41乃至43のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

$$\Delta d \cdot |f P / f N| \leq 0.50$$

ただし、

Δd : 情報の記録又は再生が可能な任意の1つの光情報記録媒体の1つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量 (mm)

$f P$: 前記正レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

$f N$: 前記負レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

$\Delta v d$: 前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッベ数の最大値と負レンズのアッベ数の最小値との差

【請求項46】 前記光ピックアップ装置は、少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して情報を記録及び／又は再生可能となっており、

前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、透明基板厚が互いに異なる少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して、それぞれの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項36、38又は40に記載の光ピックアップ装置。

【請求項47】 前記光ピックアップ装置は、少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して情報を記録及び／又は再生可能となっており、

前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、透明基板厚が互いに異なる少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して、それぞれの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項37、39、41乃至45のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項48】 前記光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、

前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段

は、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項36、38、又は40に記載の光ピックアップ装置。

【請求項49】 前記光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、

前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えることを特徴とする請求項37、39、41乃至45のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項50】 前記2種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれa、b ($a < b$) としたとき、前記透明基板厚aの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚bの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズと前記正レンズの間隔を増加させることを特徴とする請求項46に記載の光ピックアップ装置。

【請求項51】 前記2種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれa、b ($a < b$) としたとき、前記透明基板厚aの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚bの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズ群と前記正レンズ群の間隔を増加させることを特徴とする請求項47に記載の光ピックアップ装置。

【請求項52】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式を満たすことを特徴とする請求項46、48又は50に記載の光ピックアップ装置。

$$|fP/fN| \geq 1.3$$

ただし、

fP：前記正レンズ群の焦点距離（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

fN：前記負レンズ群の焦点距離（ただし、前記負レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

【請求項53】 次式を満たすことを特徴とする請求項47、49又は51に記載の光ピックアップ装置。

$$|fP/fN| \geq 1.3$$

ただし、

fP：前記正レンズ群の焦点距離（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

fN：前記負レンズ群の焦点距離（ただし、前記負レン

ズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

【請求項54】 球面収差の変動に応じて前記可動要素を光軸に沿って変移させる変移装置を有することを特徴とする請求項36乃至53のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項55】 前記可動要素は、比重2.0以下の材料から形成されていることを特徴とする請求項36乃至54のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項56】 前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項36乃至55のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項57】 前記可動要素は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項36乃至55のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項58】 前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、少なくとも一方の面に非球面を有することを特徴とする請求項36乃至57のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項59】 前記可動要素の少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする請求項57に記載の光ピックアップ装置。

【請求項60】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項36乃至59のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項61】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項36乃至60のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項62】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記1枚の正レンズと前記1枚の負レンズとから構成されたことを特徴とする請求項36乃至61のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項63】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を含むことを特徴とする請求項36乃至62のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項64】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、屈折率分布変化が可能な素子を有することを特徴とする請求項35に記載の光ピックアップ装置。

【請求項65】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記対物レンズの軸上色収差を補正する機能を備えたカップリングレンズを有することを特徴とする請求項64に記載の光ピックアップ装置。

【請求項66】 輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有することを特徴とする請求項1乃至6

5のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項67】 前記対物レンズが前記光学素子であることを特徴とする請求項66に記載の光ピックアップ装置。

【請求項68】 前記対物レンズは、少なくとも1面が非球面の単玉対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項67に記載の光ピックアップ装置。

$$5.0 \leq fD/f \leq 40.0$$

ただし、

fD ：前記対物レンズの前記回折構造を $\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \dots$ により定義される光路差関数で表した（ここで、 h は光軸からの高さ（mm）であり、 b_2 、 b_4 、 b_6 、……は2次、4次、6次、……の光路差関数係数である）とき、 $fD = 1 / (-2 \cdot b_2)$ により定義される、前記対物レンズの前記回折構造

のみによる前記光源の発振波長における焦点距離

f ：前記対物レンズの屈折パワーと前記対物レンズの前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記対物レンズ全体の前記光源の発振波長における焦点距離

【請求項69】 前記回折構造は、その回折構造によって発生する回折光のうち、他のいずれの次数の回折光の回折光量よりも大きい回折光量の n 次回折光（ここで、 n は、 -1 、 0 及び $+1$ 以外の整数）を発生するよう構成されており、前記光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生のために、前記 n 次回折光を前記光情報記録媒体の情報記録面に集光可能であることを特徴とする請求項33、63、66乃至68のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項70】 輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有するとともに、前記球面収差の変動を補正する手段は、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアッペ数が70.0以下、あるいは、前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアッペ数が40.0以上であることを特徴とする請求項8乃至33のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項71】 輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有するとともに、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアッペ数が70.0以下、あるいは、前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアッペ数が40.0以上であることを特徴とする請求項36乃至63のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項72】 前記球面収差の変動を補正する手段は、前記光源の発振波長における近軸パワーを $P1$ とし、前記発振波長より10nm短い波長における近軸パワーを $P2$ とし、前記発振波長より10nm長い波長における近軸パワーを $P3$ としたとき、次式を満足することを特徴とする請求項70に記載の光ピックアップ装置。

$$P2 < P1 < P3$$

【請求項73】 前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記光源の発振波長における近軸パワーを $P1$ とし、前記発振波長より10nm短い波長における近軸パワーを $P2$ とし、前記発振波長より10nm長い波長における近軸パワーを $P3$ としたとき、次式を満足することを特徴とする請求項71に記載の光ピックアップ装置。

$$P2 < P1 < P3$$

【請求項74】 前記回折面は、前記光源の発振波長の微小変動に対して、前記対物レンズで発生する軸上色収差を抑制する機能を有することを特徴とする請求項33、63、66乃至73のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項75】 前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有することを特徴とする請求項33、63、66乃至74のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項76】 前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする請求項33、63、66乃至75のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項77】 前記光源は、発振波長 $\lambda 1$ の光源と発振波長 $\lambda 2$ （ $\lambda 1 < \lambda 2$ ）の光源との少なくとも2つの光源を有し、

前記集光光学系は、前記発振波長 $\lambda 1$ の光源からの第1の光束を、透明基板厚 $t 1$ の第1の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差 $0.07 \lambda 1 \text{ rms}$ 以下の状態で集光でき、前記発振波長 $\lambda 2$ の光源から出射された第2の光束を、透明基板厚 $t 2$ （ $t 1 \leq t 2$ ）の第2の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差 $0.07 \lambda 2 \text{ rms}$ 以下の状態で集光できることを特徴とする請求項1乃至65のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項78】 輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有することを特徴とする請求項77に記載の光ピックアップ装置。

【請求項79】 前記光学素子の前記回折面は、前記発振波長 $\lambda 1$ の光源から出射された前記第1の光束を、透明基板厚 $t 1$ の第1の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差 $0.07 \lambda 1 \text{ rms}$ 以下の状態で集光でき、前記発振波長 $\lambda 2$ （ $\lambda 1 < \lambda 2$ ）の光源から出射された前記第2の光束を、透明基板厚 $t 2$ （ $t 1 \leq t 2$ ）の第2の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差 $0.07 \lambda 2 \text{ rms}$ 以

下の状態で集光できるような波長特性を有することを特徴とする請求項78に記載の記載の光ピックアップ装置。

【請求項80】 前記第1の光情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長 λ_1 の光源から出射された前記第1の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数をNA1とし、前記第2の情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された前記第2の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数をNA2 (NA1>NA2) としたとき、

前記光学素子の前記回折面は、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された前記第2の光束を、前記第2の光情報記録媒体の情報記録面に対して前記NA1内で波面収差0.07 λ_2 rms以上の状態で集光させることを特徴とする請求項79に記載の記載の光ピックアップ装置。

【請求項81】 前記対物レンズが前記光学素子であることを特徴とする請求項78乃至80のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項82】 前記対物レンズは、少なくとも1面が非球面の単玉対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項81に記載の光ピックアップ装置。

$$0.5 \leq (f_1 / v_d) \cdot f D_1 \leq 10.0$$

ただし、

f_1 : 前記対物レンズの屈折パワーと前記対物レンズの前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記対物レンズ全体の前記発振波長 λ_1 における焦点距離 (mm)

v_d : 前記対物レンズのd線のアッベ数

$f D_1$: 前記対物レンズの前記回折構造を $\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \dots$ により定義される光路差関数で表した (ここで、 h は光軸からの高さ (mm) であり、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots は2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数である) とき、 $f D = 1 / (-2 \cdot b_2)$ により定義される、前記対物レンズの前記回折構造のみによる前記発振波長 λ_1 における焦点距離 (mm)

【請求項83】 前記対物レンズは、少なくとも1面が非球面の単玉対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項81に記載の光ピックアップ装置。

$$-25.0 \leq (b_2 / \lambda_1) \leq 0.0$$

ただし、

b_2 : 前記対物レンズの前記回折構造を $\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \dots$ により定義される光路差関数で表した (ここで、 h は光軸からの高さ (mm) であり、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots は2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数である) ときのその2次の光路差関数係数

λ_1 : 前記発振波長 λ_1 (mm)

【請求項84】 前記回折面は、前記光源の発振波長の微小変動に対して、前記対物レンズで発生する軸上色収

差を補正する機能を有することを特徴とする請求項78乃至83のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項85】 前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有することを特徴とする請求項78乃至84のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項86】 前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする請求項78乃至85のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項87】 前記対物レンズは、少なくとも1面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により前記光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第1の部分、第2の部分及び第3の部分

を有し、
前記第1の部分及び前記第3の部分は、透明基板厚 t_1 の第1の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記光源からの光束を集光可能であり、

前記第1の部分及び前記第2の部分は、透明基板厚 t_2 ($t_1 < t_2$) の第2の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記光源からの光束を集光可能であることを特徴とする請求項1乃至65のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項88】 前記対物レンズは、少なくとも1面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により前記光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第1の部分、第2の部分及び第3の部分

を有し、
前記第1の部分及び前記第3の部分は、前記第1の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長 λ_1 の光源からの光束を集光可能であり、

前記第1の部分及び前記第2の部分は、前記第2の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長 λ_2 の光源からの光束を集光可能であることを特徴とする請求項77に記載の光ピックアップ装置。

【請求項89】 前記対物レンズの少なくとも1面に、屈折作用により入射光束を k 個 ($k \geq 4$) の輪帯状の光束 (ここで、光軸側からその外側に向かって、順に第1、第2、 \dots 、第 k 光束とする) に分割する輪帯状段差部分を形成し、

前記第1の光情報記録媒体に対して情報の記録及び/または再生を行う場合には、

前記第1及び第 k 光束がつくる最良像面位置における前記第1及び第 k 光束の波面収差の球面収差成分は0.0

$5\lambda_{rms}$ 以下(λ の光源波長)であり、

前記第2ないし第($k-1$)光束のうち、少なくとも2つの光束はそれぞれ、前記第1及び第 k 光束がつくる前記最良像面位置とは異なる位置に見かけ上の最良像面位置が形成され、

前記第1及び第 k 光束がつくる前記最良像面位置で、前記第1の光情報記録媒体に対する必要開口数内を通る前記第1ないし第 k 光束のそれぞれの光束内の光線の波面収差がほぼ $mi\lambda$ (mi 個は整数で、 $i=1, 2, \dots, k$)となることを特徴とする請求項7に記載の光ピックアップ装置。

【請求項90】 前記第1の光情報記録媒体の透明基板厚 t_1 は、0.6mm以下であり、前記第2の光情報記録媒体の透明基板厚 t_2 は、0.6mm以上であり、前記発振波長 λ_2 は、600nm以上800nm以下の範囲内であることを特徴とする請求項7乃至86、88、89のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項91】 前記対物レンズの球面収差のうち、3次の球面収差成分を SA_1 、5次及び7次及び9次の球面収差成分の和を SA_2 としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至90のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

$$|SA_1/SA_2| > 1.0$$

ただし、

SA_1 : 収差関数をツェルニケ(Zernike)の多項式に展開したときの3次の球面収差成分

SA_2 : 収差関数をツェルニケ(Zernike)の多項式に展開したときの5次の球面収差成分と7次の球面収差成分と9次の球面収差成分との2乗和の平方根

【請求項92】 前記対物レンズの開口数を決定する絞りが、前記対物レンズのもっとも光源側の面の面頂点より前記光情報記録媒体が配置される側に位置することを特徴とする請求項1乃至91のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項93】 前記対物レンズは、少なくとも1面に非球面を有する単玉対物レンズであることを特徴とする請求項1乃至92のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項94】 前記光源は、少なくとも500nm以下の波長に発振波長を持つ光源を有することを特徴とする請求項1乃至93のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項95】 前記対物レンズの像側開口数 NA は、少なくとも0.65以上であることを特徴とする請求項1乃至94のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項96】 前記対物レンズが、以下の式を満たすことを特徴とする請求項1乃至95に記載の光ピックアップ装置。

$$1.1 \leq d_1/f \leq 3.0$$

ただし、

d_1 : 軸上レンズ厚(mm)

f : 前記光源の発振波長における焦点距離(mm) (ただし、前記光源に発振波長が異なる複数の光源を有する場合には、最も波長が短い発振波長における焦点距離、また前記対物レンズに回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

【請求項97】 前記対物レンズが、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項1乃至96のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項98】 前記対物レンズが、飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項1乃至97のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項99】 前記対物レンズは、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項1乃至98のいずれかに記載の光ピックアップ装置。

【請求項100】 請求項1乃至99のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする対物レンズ。

【請求項101】 請求項1乃至99のいずれかに記載の光ピックアップ装置に用いられた前記対物レンズであることを特徴とする対物レンズ。

【請求項102】 少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び/又は再生が可能な光ピックアップ装置であって、発振波長 λ_1 の光源と、前記発振波長 λ_1 とは異なる発振波長 λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$)の光源と、前記発振波長 λ_1 の光源から出射された第1の光束を、透明基板厚 t_1 の透明基板を介して第1の光情報記録媒体の情報記録面上に集光させると共に、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された第2の光束を、透明基板厚 t_2 ($t_1 \leq t_2$)の透明基板を介して第2の光情報記録媒体の情報記録面上に集光させる対物レンズを含む集光光学系と、前記第1及び前記第2の光情報記録媒体からの反射光を受光する光検出器とを有する光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$1.1 \leq d_1/f \leq 3.0$$

ただし、

d_1 : 軸上レンズ厚(mm)

f : 前記発振波長 λ_1 における焦点距離(mm) (ただし、前記対物レンズに回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

【請求項103】 像側開口数 NA は、0.75以上であることを特徴とする請求項102に記載の対物レンズ。

【請求項104】 輪帯状の回折構造を有する回折面を備えていることを特徴とする請求項102又は103に記載の対物レンズ。

【請求項 105】 前記回折面は、前記発振波長 λ_1 の光源から出射された前記第 1 の光束を、前記第 1 の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差 $0.07\lambda_1 \text{ rms}$ 以下の状態で集光でき、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された前記第 2 の光束を、前記第 2 の情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差 $0.07\lambda_2 \text{ rms}$ 以下の状態で集光できるような波長特性を有することを特徴とする請求項 104 に記載の対物レンズ。

【請求項 106】 前記第 1 の光情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長 λ_1 の光源から出射された前記第 1 の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数を NA_1 とし、前記第 2 の情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された前記第 2 の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数を NA_2 ($NA_1 > NA_2$) としたとき、

前記回折面は、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された前記第 2 の光束を、前記第 2 の光情報記録媒体の情報記録面に対して前記 NA_1 内で波面収差 $0.07\lambda_2 \text{ rms}$ 以上の状態で集光させることを特徴とする請求項 104 又は 105 に記載の対物レンズ。

【請求項 107】 前記回折面は、前記光源の発振波長の微小変動に対して、軸上色収差を抑制する機能を有することを特徴とする請求項 104 乃至 106 のいずれかに記載の対物レンズ。

【請求項 108】 前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に前記対物レンズのバックフォーカスを短くするような波長特性を有することを特徴とする請求項 104 乃至 107 のいずれかに記載の対物レンズ。

【請求項 109】 前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に前記対物レンズの球面収差が補正不足になるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする請求項 104 乃至 108 のいずれかに記載の対物レンズ。

【請求項 110】 少なくとも 1 面が非球面の単玉レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項 102 乃至 109 のいずれかに記載の対物レンズ。

$$0.5 \leq (f_1 / v_d) \cdot fD1 \leq 10.0$$

ただし、

f_1 : 屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記発振波長 λ_1 における焦点距離 (mm)

v_d : レンズ材料の d 線のアッペ数

$fD1$: 前記回折構造を $\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \dots$ により定義される光路差関数で表した (ここで、 h は光軸からの高さ (mm) であり、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots は 2 次、4 次、6 次、 \dots の光路差関数係

数である) とき、 $fD = 1 / (-2 \cdot b_2)$ により定義される、前記回折構造のみによる前記発振波長 λ_1 における焦点距離 (mm)

【請求項 111】 少なくとも 1 面が非球面の単玉レンズであって、次式を満たすことを特徴とする請求項 102 乃至 109 のいずれかに記載の対物レンズ。

$$-25.0 \leq (b_2 / \lambda_1) \leq 0.0$$

ただし、

b_2 : 前記回折構造を $\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \dots$ により定義される光路差関数で表した (ここで、 h は光軸からの高さ (mm) であり、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots は 2 次、4 次、6 次、 \dots の光路差関数係数である) ときのその 2 次の光路差関数係数

λ_1 : 前記発振波長 λ_1 (mm)

【請求項 112】 球面収差のうち、3 次の球面収差成分を SA_1 、5 次及び 7 次及び 9 次の球面収差成分の和を SA_2 としたとき、次式を満たすことを特徴とする請求項 102 乃至 111 のいずれかに記載の対物レンズ。

$$|SA_1 / SA_2| > 1.0$$

ただし、

SA_1 : 収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に展開したときの 3 次の球面収差成分

SA_2 : 収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に展開したときの 5 次の球面収差成分と 7 次の球面収差成分と 9 次の球面収差成分との 2 乗和の平方根

【請求項 113】 少なくとも 1 面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により前記光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第 1 の部分、第 2 の部分及び第 3 の部分を有し、

前記第 1 の部分及び前記第 3 の部分は、前記第 1 の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長 λ_1 の光源からの光束を集光可能であり、

前記第 1 の部分及び前記第 2 の部分は、前記第 2 の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長 λ_2 の光源からの光束を集光可能であることを特徴とする請求項 102 又は 103 に記載の対物レンズ。

【請求項 114】 少なくとも 1 面に、屈折作用により入射光束を k 個 ($k \geq 4$) の輪帯状の光束 (ここで、光軸側からその外側に向かって、順に第 1、第 2、 \dots 、第 k 光束とする) に分割する輪帯状段差部分を形成し、

前記第 1 の光情報記録媒体に対して情報の記録及び/または再生を行う場合には、

前記第 1 及び第 k 光束がつくる最良像面位置における前記第 1 及び第 k 光束の波面収差の球面収差成分は $0.05\lambda_1 \text{ rms}$ 以下 (λ_1 の光源波長) であり、

前記第 2 ないし第 $(k-1)$ 光束のうち、少なくとも 2 つの光束はそれぞれ、前記第 1 及び第 k 光束がつくる前

記最良像面位置とは異なる位置に見かけ上の最良像面位置が形成され、

前記第1及び第k光束がつくる前記最良像面位置で、前記第1の光情報記録媒体に対する必要開口数内を通る前記第1ないし第k光束のそれぞれの光束内の光線の波面収差がほぼ $m\lambda$ (m 個は整数で、 $i=1, 2, \dots, k$) となることを特徴とする請求項102又は103に記載の対物レンズ。

【請求項115】 プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項102乃至114のいずれかに記載の対物レンズ。

【請求項116】 飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項102乃至115のいずれかに記載の対物レンズ。

【請求項117】 前記光源の発振波長に対して、厚さ3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項102乃至116のいずれかに記載の対物レンズ。

【請求項118】 少なくとも一方の面が非球面の単玉レンズであることを特徴とする請求項102乃至117のいずれかに記載の対物レンズ。

【請求項119】 請求項1乃至99のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする請求項102乃至118のいずれかに記載の対物レンズ。

【請求項120】 少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に沿って変移可能な可動要素となっており、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアッペ数が70.0以下あるいは前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアッペ数が40.0以上であって、少なくとも1面に輪帯状の回折構造を有する回折面を有することを特徴とするビームエキスパンダー。

【請求項121】 入射させる光束を出力する光源の発振波長における近軸パワーを $P1$ とし、前記発振波長より10nm短い波長における近軸パワーを $P2$ とし、前記発振波長より10nm長い波長における近軸パワーを $P3$ としたとき、次式を満足することを特徴とする請求項120に記載のビームエキスパンダー。

$$P2 < P1 < P3$$

【請求項122】 前記回折面は、入射させる光束を出力する光源の発振波長の微小変動に対して、出射側に配置される集光レンズで発生する軸上色収差を抑制する機能を有することを特徴とする請求項120又は121に記載のビームエキスパンダー。

【請求項123】 前記回折面は、入射させる光束を出力する光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、出射側に配置される集光レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有することを特徴とする請求項120乃至122のいずれかに記載のビームエキスパ

ダー。

【請求項124】 前記回折面は、入射させる光束を出力する光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、出射側に配置される集光レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする請求項120乃至123のいずれかに記載のビームエキスパンダー。

【請求項125】 前記可動要素は、比重2.0以下の材料から形成されていることを特徴とする請求項120乃至124のいずれかに記載のビームエキスパンダー。

【請求項126】 前記可動要素は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項120乃至125のいずれかに記載のビームエキスパンダー。

【請求項127】 前記可動要素の少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする請求項120乃至126のいずれかに記載のビームエキスパンダー。

【請求項128】 前記可動要素は、飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項120乃至127のいずれかに記載のビームエキスパンダー。

【請求項129】 前記可動要素は、入射させる光源の発振波長の光に対して、厚さ3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項120乃至128のいずれかに記載のビームエキスパンダー。

【請求項130】 プラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項120乃至124のいずれかに記載のビームエキスパンダー。

【請求項131】 少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする請求項120乃至124、130のいずれかに記載のビームエキスパンダー。

【請求項132】 飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項120乃至124、130、131のいずれかに記載のビームエキスパンダー。

【請求項133】 入射させる光源の発振波長の光に対して、厚さ3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項120乃至124、130乃至132のいずれかに記載のビームエキスパンダー。

【請求項134】 請求項8乃至33、36乃至63のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする請求項120乃至133のいずれかに記載のビームエキスパンダー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ピックアップ装置、対物レンズ及びビームエキスパンダーに関し、特に、球面収差の変動を効果的に補正することが出来る光ピックアップ装置、対物レンズ及びビームエキスパ

一に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、短波長赤色半導体レーザー実用化に伴い、従来の光ディスクすなわち光情報記録媒体であるCD（コンパクトディスク）と同程度の大きさで大容量化させた高密度の光ディスクであるDVD（デジタルバーサタイルディスク）の開発が進んでいるが、近い将来には、より高密度な次世代の光ディスクも登場することが予想される。このような光ディスクなどを媒体とした光情報記録再生装置の光学系において、記録信号の高密度化を図るため、或いは高密度記録信号を再生するため、対物レンズを介して記録媒体上に集光するスポット径を小さくすることが要求されている。このためには、光源であるレーザーの短波長化や対物レンズの高NA化が図られつつあるという実情がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このようにレーザーの短波長化や対物レンズの高NA化が図られてくると、CDやDVDのごとき従来の光ディスクに対して情報の記録又は再生を行うような比較的長波長のレーザーと対物レンズの低NAとの組み合わせからなる光ピックアップ装置では、殆ど無視できる問題でも、それがより顕在化される。

【0004】その1つがレーザー光源の発振波長の微小変動により対物レンズで生じる軸上色収差の問題である。一般の光学レンズ材料の波長の微小変動による屈折率変化は、短波長を取り扱うほど大きくなる。そのため、波長の微小変動により生じる焦点のデフォーカス量は大きくなる。ところが、対物レンズの焦点深度は、 $k \cdot \lambda / NA^2$ （ k は比例定数、 λ は波長、 NA は対物レンズの像側開口数）で表されることからわかるように、使用される光源の発振波長が短いほど焦点深度が小さくなり僅かなデフォーカス量も許されない。従って、青紫色半導体レーザー（発振波長400nm程度）のような短波長の光源及び高い像側開口数を有する対物レンズを用いた光学系では、半導体レーザーのモードホップ現象など出力変化による波長変動や、高周波重畳による波面収差の劣化を防ぐために軸上色収差の補正が重要となる。

【0005】更に、レーザーの短波長化と対物レンズの高NA化の組み合わせにおいて顕在化する別な問題は、温度・湿度変化による光学系の球面収差の変動である。すなわち、光ピックアップ装置において一般的に使用されているプラスチックレンズは、温度や湿度変化を受けて変形しやすく、それにより屈折率が変化する。従来のピックアップ装置に用いられる光学系では問題にならなかった、屈折率変化による球面収差の変動でも、レーザー光源の短波長化と対物レンズの高NA化との組み合わせにおいてはその量が無視できず、スポット径が増大するなどの問題を生じさせることとなる。

【0006】ところが、情報の記録又は再生に対して、

レーザーの短波長化と対物レンズの高NA化の組み合わせを要求する次世代の光ディスクと、従来の光ディスクとは、上述したように光源波長、対物レンズのNAが大きく異なる。また、次世代の光ディスクにおいて予想される光軸に対して垂直な面からのディスク表面の傾きに起因して大きく生じるコマ収差を抑制するには、透明基板厚を薄くすることが効果的であるが、それによりCDなど従来の光ディスクとは透明基板厚などが大きく異なってしまう。従って、共通の対物レンズを少なくとも用いることにより、コストを大幅に増大させることなく、且つコンパクトな光ピックアップ装置を、次世代の光ディスクを含めた異なる光情報記録媒体に対して、いかに球面収差を抑えて情報の記録又は再生を行うようにするかが問題となる。

【0007】そこで、本発明は、温度・湿度変化等に起因する対物レンズの球面収差の変動を効果的に補正できる光ピックアップ装置、その対物レンズ及びビームエキスパンダーを提供することを目的とする。

【0008】また、本発明は、半導体レーザーのモードホップや高周波重畳に起因する軸上色収差を効果的に補正できる光ピックアップ装置、その対物レンズ及びビームエキスパンダーを提供することを目的とする。

【0009】さらに、本発明は、短波長レーザーと高NA対物レンズとを備え、異なる光情報記録媒体に対して情報の記録又は再生を行える光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記対物レンズは、少なくとも1枚のプラスチック材料からなるレンズを含み、前記光源と前記対物レンズとの間に、温度-30℃～+85℃、湿度5%～90%の間の環境変化に対して、前記対物レンズの形状及び屈折率の少なくとも一方の変化および前記光源の発振波長変動により生じる、球面収差の変動を補正する手段を設けたので、光ピックアップ装置が使用される環境の温度や湿度変化に応じて、前記対物レンズに屈折率変化などが生じたような場合でも、或いは光源の発振波長変動が生じたような場合でも、それらに起因する前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することが出来る。

【0011】尚、前記光源と前記対物レンズの間とは、前記対物レンズを含めるものとし、従って対物レンズの表面に設けた回折面であっても、本発明の球面収差の変動を補正する手段となり得る。

【0012】請求項2に記載の光ピックアップ装置は、発振波長 λ の光源と、前記光源から出射された光束を光

情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、球面収差の変動を補正する手段を設け、前記球面収差の変動を補正する手段は、 $0.2\lambda_{rms}$ までの球面収差を $0.07\lambda_{rms}$ 以下に補正可能であるので、例えば光ピックアップ装置が使用される環境の温度や湿度変化および／または光源の発振波長の微小変動によって生じる前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することができる。

【0013】請求項3に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段は、 $0.5\lambda_{rms}$ までの球面収差を $0.07\lambda_{rms}$ 以下に補正可能であると好ましい。

【0014】請求項4に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記対物レンズで発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたので、例えば光ピックアップ装置が使用される環境の温度や湿度変化および／または光源の発振波長の微小変動によって生じる前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することができる。

【0015】半導体レーザーの発振波長には $\pm 10\text{nm}$ 程度の個体間のばらつきがあるため、短波長の光源及び高い像側開口数を有する対物レンズを用いた光学系では、基準となる波長からずれた半導体レーザーを用いると装置の性能劣化の要因となり、半導体レーザーの選別が必要になり得る。請求項5に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微小変動に起因して前記対物レンズで発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたので、基準となる波長からずれた半導体レーザーを用いたときに生じる前記対物レンズの球面収差の変動を効果的に抑制することができるので、半導体レーザーの選別が不要となる。

【0016】請求項6に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピック

$v_d P > v_d N$

ただし、

アップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、温湿度変化に起因して前記集光光学系で発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたので、例えば光ピックアップ装置が使用される環境の温度や湿度変化に応じて生じる前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することが出来る。

【0017】請求項7に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微小変動及び温湿度変化に起因して前記集光光学系で発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたので、例えば光ピックアップ装置が使用される環境の温度や湿度変化に応じて、及び前記光源として基準波長からずれた半導体レーザーを用いた場合に生じる前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することができる。

【0018】請求項8に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする。また、請求項9に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、1枚の正レンズを含み正の屈折力を有する正レンズ群と、1枚の負レンズを含み負の屈折力を有する負レンズ群とを有し、少なくともその一方のレンズ群は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする。

【0019】短波長の光源に用いた光ピックアップ装置では、前述したように、光源の波長変動や温湿度変化等による球面収差の変動が大きい。特に高い像側開口数（高NA）の対物レンズやプラスチック材料からなる対物レンズを用いると変動は増長される。従って、短波長の光源を用いた光ピックアップ装置では、特にこれらの球面収差の変動を補正する手段を設けることが必要となる。光源の発振波長の微小変動や温湿度変化等に起因して、前記対物レンズの球面収差が変動した場合は、前記球面収差の変動を補正する手段の可動要素を適切な量だけ動かして、対物レンズに入射する光束の発散度を情報記録面上に形成された波面の球面収差が最小となるように変えることで、球面収差の変動を補正することができる。

【0020】請求項10、11に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、次式を満たすことを特徴とする。

(1)

50 $v_d P$: 前記正レンズを含む全正レンズのd線のアップベ

数の平均

$\nu d N$: 前記負レンズを含む全負レンズの d 線のアッペ数の平均

【0021】上式(1)は、軸上色収差の補正に関する。前記光源の発振波長の微小変動や温湿度変化等に起因して、前記対物レンズの球面収差が変動した場合において、これを補正する手段を、例えば光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成したときは、かかる光学要素を適切な量だけ動かして、前記対物レンズに入射する光束の発散度を対物レンズの球面収差が最小となるように変えることができる。短波長の光源を用いることで問題となる前記対物レンズの軸上色収差については、前記球面収差の変動を補正する手段を以下に述べるような構成にすることにより、補正できる。

【0022】前記球面収差の変動を補正する手段における正レンズと負レンズの材料を、上式(1)を満たすように選ぶことで、前記対物レンズで発生する色収差とは逆極性の色収差を発生させることができる。従って、軸上色収差が打ち消しあうので、前記球面収差の変動を補正する手段と前記対物レンズとを透過して、光情報記録媒体上に焦点を結んだときの波面は、軸上色収差が小さく抑えられた状態となる。回折面を前記対物レンズおよ

$$\nu d P > 5.5$$

$$\nu d N < 3.5$$

【0025】上式(2)、(3)を満たすように、前記正レンズと前記負レンズのアッペ数の差が大きくすれば、前記対物レンズと逆極性の色収差をより大きく発生させることができるので、より良好に光ピックアップ光学系の軸上色収差を補正することができる。

【0026】請求項14に記載の光ピックアップ装置

$$\Delta d \cdot |f P / f N| / \Delta \nu d \leq 0.05$$

ただし、

Δd : 情報の記録又は再生が可能な任意の1つの光情報記録媒体の1つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量 (mm)

$f P$: 前記正レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

$f N$: 前記負レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

$\Delta \nu d$: 前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッペ数の最大値と負レンズのアッペ数の最小値との差

【0027】上式(4)は、対物レンズの軸上色収差の補正量と、球面収差の変動を補正する手段の近軸パワー及び、球面収差の変動を補正する手段の可動要素の移動量のバランスに関する。ここで、たとえ $\Delta \nu d$ の値が小さくても、 $|f P / f N|$ の値を大きくすれば、対物レンズの軸上色収差を良好に補正でき、かつ光源の波長変

び／または前記球面収差の変動を補正する手段に付加し、長波長側で対物レンズのバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすれば、収差をより良好に補正することが可能となる。この場合、軸上色収差補正の役割を、前記球面収差の変動を補正する手段と前記回折面とに分担できるので、前記球面収差の変動を補正する手段を、例えば光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成したときは、かかる光学要素のストロークが小さくてすむ。

【0023】更に、軸上色収差補正の役割を、前記球面収差の変動を補正する手段と回折面とに分担することで回折面のパワーを小さくすることもでき、それにより回折輪帯の間隔が大きくなって、回折効率の高い回折レンズが製造しやすくなる。従って、前記球面収差の変動を補正する手段と、軸上色収差を補正するための手段を別々に設けることなく、波長変動や温湿度変化等が生じた場合でも光学系全体の球面収差、及び軸上色収差が良好に補正されたコンパクトな光ピックアップ装置を得ることができる。

【0024】請求項12、13に記載の光ピックアップ装置は、前記 $\nu d P$ と前記 $\nu d N$ が次式を満たすことを特徴とする。

$$(2)$$

$$(3)$$

は、前記球面収差の変動を補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式が成立することを特徴とし、請求項15に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、次式が成立することを特徴とする。

$$(4)$$

動あるいは温湿度変化に起因する対物レンズの球面収差の変動を補正する手段を、光軸方向に変位可能な光学要素を用いて構成した場合には、かかる光学要素のストロークを小さく抑えることが出来るが、前記正レンズ群の有効径が大きくなりすぎたり、あるいは前記負レンズ群の有効径が小さくなりすぎる恐れがある。逆に、 $\Delta \nu d$ の値を大きくすれば、たとえ $|f P / f N|$ の値が小さくても、対物レンズの軸上色収差を良好に補正することができるが、球面収差の補正に必要な、球面収差の変動を補正する手段の可動要素の移動量が大きくなってしまいうので、光学系のサイズが大きくなってしまいう恐れがある。そこで、 $\Delta d \cdot |f P / f N| / \Delta \nu d$ の値を上式(5)を満たすようにすることで、これらのバランスを図ることが出来る。

【0028】請求項16、17に記載の光ピックアップ装置は、少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、前記球面収差の変動を補正する手段が、透明基板厚が互いに異なる少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して、それぞ

れの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えるので、透明基板厚の違いによる球面収差の差を補正し、かつそれぞれの光情報記録媒体に対する記録または再生を行う際に生じる球面収差の変動を良好に補正するので、常に情報記録面上に良好な波面を形成することができる。

【0029】請求項18、19に記載の光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、前記球面収差の変動を補正する手段が、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えるので、情報記録面までの厚さの違いによる球面収差の差を補正し、かつそれぞれの情報記録面に対する記録または再生を行う際に生じる球面収差の変動を良好に補正するので、それぞれの情報記録面ごとにそれぞれ、情報記録面上に良好な波面を形成することができる。このように、光情報記録媒体の片面側に2層あるいはそれ以上の情報記録層を有する光情報記録媒体に対しても良好に情報の記録又は再生が可能である。例えば、対物レンズを光軸方向に移動させることで、所望の1つの情報記録面に合焦で

$$|f_P/f_N| \geq 1.3$$

ただし、

f_P ：前記正レンズ群の焦点距離（ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

f_N ：前記負レンズ群の焦点距離（ただし、前記負レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離）

【0032】上式（5）は、前記球面収差の変動を補正する手段の近軸パワーの関数に関する。前記対物レンズがある特定の厚みを持つ透明基板の組み合わせの元に収差が最小となるように補正されている場合、透明基板の厚みが変化したときには、前記球面収差の変動を補正する手段中の可動要素を動かすことで、その厚みに対して対物レンズの球面収差が最小となるような発散度を有する光束を対物レンズに入射させなければならない。そこで、上式（5）を満たすように、前記球面収差の変動を補正する手段の近軸パワーを選ぶことで、前記可動要素のストロークが小さくてすむので、全体的にコンパクトな光学系を得ることができる。

【0033】請求項24に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、前記球面収差の変動に応じて前記可動要素を光軸に沿って変移させる変移装置を有することを特徴とする。

【0034】請求項25に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素が、比重2.0以下の材料から形成されていることを特徴とする。これにより、可動要素の変移装置への負担を軽減できる。

き、この際に、情報記録面までの厚さの違いによって変動する球面収差は主に3次の球面収差であるので、前記球面収差の変動を補正する手段の可動要素を光軸方向に沿って変移させることで、球面収差の変動を良好に補正することができる。従って、光情報記録媒体に片側の面に2倍、あるいはそれ以上の情報の記録又は再生を行うことができる。

【0030】請求項20、21に記載の光ピックアップ装置は、前記2種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれ a 、 b （ $a < b$ ）としたとき、前記透明基板厚 a の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚 b の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズと前記正レンズの間隔を増加させることを特徴とする。

【0031】請求項22に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式を満たすことを特徴とし、請求項23に記載の光ピックアップ装置は、次式を満たすことを特徴とする。

（5）

【0035】請求項26に記載の光ピックアップ装置は、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。特に、球面収差補正手段の可動要素をプラスチック材料から形成することで、変移装置への負担を軽減することができる。また、高速な追従が可能となる。更に、回折面や非球面を設ける構成要素をプラスチック材料から形成すれば、それらを容易に付加できる。

【0036】請求項27に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素がプラスチック材料から形成されていることを特徴とする。これにより、光学系の軽量化が達成できるので可動要素の変移装置への負担を軽減できる。また、回折構造を付加し易くなる。

【0037】請求項28に記載の光ピックアップ装置は、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、少なくとも一方の面に非球面を有することを特徴とし、請求項29に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素の少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする。この非球面を有することにより、球面収差の変動を補正する手段は、その非球面の収差補正作用によって性能の良い光学系を得ることができる。特に、可動要素に非球面を設けることで、偏芯時の波面収差の劣化を防ぐことができる。

【0038】請求項30に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0039】請求項31に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0040】請求項32に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段は、前記1枚の正レンズと前記1枚の負レンズとから構成されたことを特徴とする。

【0041】請求項33に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を含むので、かかる回折面を用いて軸上色収差を効果的に補正できるので、新たに軸上色収差補正用の光学素子などを設ける必要がなく、低コスト及び省スペースを図れる。尚、回折面を備えた光学素子には、前記レンズ群中の一つのレンズを含み、従って、前記正レンズ群又は前記負レンズの一方であることを含む。また、それらレンズ以外に別に設けられた光学素子であることも含む。

【0042】請求項34に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、屈折率分布変化が可能な素子を有することを特徴とする。かかる素子としては、図24、25を参照して後述する液晶を用いた素子SEのようなものがあるがこれに限られない。

【0043】請求項35に記載の光ピックアップ装置は、光源と、前記光源から出射された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む集光光学系と、前記光情報記録媒体からの反射光を受光するための光検出器とを有する光ピックアップ装置であって、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記対物レンズで発生する球面収差の変動と前記対物レンズで発生する軸上色収差とを補正する手段を設けたので、前記光源としての例えば半導体レーザーの発振波長が微小変動した場合に生じる前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することができる。

又、環境温度や湿度変化に応じて、前記対物レンズに屈折率変化が生じたような場合でも、それに起因する前記対物レンズの球面収差の変動を、効果的に抑制することが出来る。更に、前記対物レンズで発生する軸上色収差を効果的に補正できるため、球面収差補正手段や対物レンズのフォーカシングが追従できないような瞬間的な発振波長のとび（モードホップ）が起こっても常に情報記録面上に良好な波面を形成することができる。

【0044】請求項36に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする。また、請求項37に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、1

枚の正レンズを含み正の屈折力を有する正レンズ群と、1枚の負レンズを含み負の屈折力を有する負レンズ群とを有し、少なくともその一方のレンズ群は光軸方向に変移可能な可動要素となっていることを特徴とする。

【0045】短波長の光源に用いた光ピックアップ装置では、前述したように、光源の波長変動や温湿度変化等による球面収差の変動が大きい。特に高い像側開口数

（高NA）の対物レンズやプラスチック材料からなる対物レンズを用いると変動は増大される。従って、短波長の光源を用いた光ピックアップ装置では、特にこれらの球面収差の変動を補正する手段を設けることが必要となる。光源の発振波長の微小変動や温湿度変化等に起因して、前記対物レンズの球面収差が変動した場合は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素を適切な量だけ動かして、対物レンズに入射する光束の発散度を情報記録面上に形成された波面の球面収差が最小となるように変えることで、球面収差の変動を補正することができる。

【0046】請求項38、39に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、上式（1）を満たすことを特徴とする。

【0047】上式（1）は、軸上色収差の補正に関する。前記光源の発振波長の微小変動や温湿度変化等に起因して、前記対物レンズの球面収差が変動した場合において、これを補正する手段を、例えば光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成したときは、かかる光学素子を適切な量だけ動かして、前記対物レンズに入射する光束の発散度を対物レンズの球面収差が最小となるように変えることができる。短波長の光源を用いることで問題となる前記対物レンズの軸上色収差については、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を以下に述べるような構成にすることにより、補正できる。

【0048】前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段における正レンズと負レンズの材料を、上式（1）を満たすように選ぶことで、前記対物レンズで発生する色収差とは逆極性の色収差を発生させることができる。従って、軸上色収差が打ち消しあうので、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段と前記対物レンズとを透過して、光情報記録媒体上に焦点を結んだときの波面は、軸上色収差が小さく抑えられた状態となる。回折面を前記対物レンズおよび／または前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段に付加し、長波長側で対物レンズのバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすれば、収差をより良好に補正することが可能となる。この場合、軸上色収差補正の役割を、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段と前記回折面とに分担できるので、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、例えば光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成したときは、かかる光学要素のストロークが小さくてすむ。

【0049】更に、軸上色収差補正の役割を、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段と回折面とに分担することで回折面のパワーを小さくすることもでき、それにより回折輪帯の間隔が大きくなって、回折効率の高い回折レンズが製造しやすくなる。従って、前記球面収差の変動を補正するための手段と、軸上色収差を補正するための手段を別々に設けることなく、波長変動や温湿度変化等が生じた場合でも光学系全体の球面収差、及び軸上色収差が良好に補正されたコンパクトな光ピックアップ装置を得ることができる。

【0050】請求項40、41に記載の光ピックアップ装置は、前記 $\nu d P$ と前記 $\nu d N$ が上式(2)、(3)を満たすことを特徴とする。

【0051】上式(2)、(3)を満たすように、前記正レンズと前記負レンズのアッペ数の差が大きくすれば、前記対物レンズと逆極性の色収差をより大きく発生させることができるので、より良好に光ピックアップ光学系の軸上色収差を補正することができる。

【0052】請求項42に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、上式(4)が成立することを特徴とし、請求項43に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、上式(4)が成立することを特徴とする。

【0053】上式(4)は、対物レンズの軸上色収差の補正量と、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補

$$\Delta d \cdot |f P / f N| \leq 0.50$$

ただし、

Δd : 情報の記録又は再生が可能な任意の1つの光情報記録媒体の1つの情報記録面に対して情報の記録又は再生を行う際の前記可動要素の移動量 (mm)

$f P$: 前記正レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

$f N$: 前記負レンズ群の焦点距離 (mm) (ただし、前記正レンズ群に回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

νd : 前記正レンズ群及び前記負レンズ群中、正レンズのアッペ数の最大値と負レンズのアッペ数の最小値との差

【0055】上式(6)は、対物レンズの軸上色収差の補正量と、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の近軸パワー及び、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素の移動量のバランスに関する。前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の屈折レンズとしての屈折パワーと、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段に付加する回折面の回折パワーを適切に組み合わせるこ

正する手段の近軸パワー及び、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素の移動量のバランスに関する。ここで、たとえ $\Delta \nu d$ の値が小さくても、 $|f P / f N|$ の値を大きくすれば、対物レンズの軸上色収差を良好に補正でき、かつ光源の波長変動あるいは温湿度変化に起因する対物レンズの球面収差の変動を補正できる前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、光軸方向に変位可能な光学要素を用いて構成した場合には、かかる光学要素のストロークを小さく抑えることが出来るが、前記正レンズ群の有効径が大きくなりすぎたり、あるいは前記負レンズ群の有効径が小さくなりすぎる恐れがある。逆に、 $\Delta \nu d$ の値を大きくすれば、たとえ $|f P / f N|$ の値が小さくても、対物レンズの軸上色収差を良好に補正することができるが、球面収差の補正に必要な、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素の移動量が大きくなってしまいうので、光学系のサイズが大きくなってしまいう恐れがある。そこで、 $\Delta d \cdot |f P / f N| / \Delta \nu d$ の値を上式(5)を満たすようにすることで、これらのバランスを図ることが出来る。

【0054】請求項44に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、次式が成立することを特徴とし、請求項45に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、次式が成立することを特徴とする。

$$(6)$$

とで、対物レンズの軸上色収差を補正することが出来る。この時、例えば前記光源の発振波長の変動あるいは温湿度変化に起因する対物レンズの球面収差の変動をも補正する前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成した場合には、かかる光学要素のストロークが大きすぎると、球面収差を良好に補正することが出来ないという問題が生じる。そこで、上式(6)において、 $\Delta d \cdot |f P / f N|$ の値を0.50以下にすることで、前記対物レンズの軸上色収差の補正と球面収差の補正のバランスを良好に維持することが出来る。

【0056】請求項46、47に記載の光ピックアップ装置は、少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、透明基板厚が互いに異なる少なくとも2種類の光情報記録媒体に対して、それぞれの透明基板厚に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えるので、透明基板厚の違いによる球面収差の差を補正し、かつそれぞれの光情報記録媒体に対する記録または再生を行う際に生じる球面収差の変動を良好に補正するので、常に情報記録

面上に良好な波面を形成することができる。

【0057】請求項48、49に記載の光ピックアップ装置は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生が可能となっており、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、それぞれの情報記録層にそれぞれ集光させる際にその情報記録層に応じて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を変えるので、情報記録面までの厚さの違いによる球面収差の差を補正し、かつそれぞれの情報記録面に対する記録または再生を行う際に生じる球面収差の変動を良好に補正するので、それぞれの情報記録面ごとにそれぞれ、情報記録面上に良好な波面を形成することができる。このように、光情報記録媒体の片側面に2層あるいはそれ以上の情報記録層を有する光情報記録媒体に対しても良好に情報の記録又は再生が可能である。例えば、対物レンズを光軸方向に移動させることで、所望の1つの情報記録面に合焦でき、この際に、情報記録面までの厚さの違いによって変動する球面収差は主に3次の球面収差であるので、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素を光軸方向に沿って変移させることで、球面収差の変動を良好に補正することができる。従って、光情報記録媒体に片側の面に2倍、あるいはそれ以上の情報の記録又は再生を行うことができる。

【0058】請求項50、51に記載の光ピックアップ装置は、前記2種類の光情報記録媒体の透明基板厚をそれぞれa、b ($a < b$) としたとき、前記透明基板厚aの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際には、前記透明基板厚bの光情報記録媒体の情報記録面に対して情報を記録又は再生する際よりも前記負レンズと前記正レンズの間隔を増加させることを特徴とする。

【0059】請求項52に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、前記正レンズを含む正レンズ群と前記負レンズを含む負レンズ群とから構成した場合、上式(5)を満たすことを特徴とし、請求項53に記載の光ピックアップ装置は、上式(5)を満たすことを特徴とする。

【0060】上式(5)は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の近軸パワーの関係に関する。前記対物レンズがある特定の厚みを持つ透明基板の組み合わせの元に収差が最小となるように補正されている場合、透明基板の厚みが変化したときには、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段中の可動要素を動かすことで、その厚みに対して対物レンズの球面収差が最小となるような発散度を有する光束を対物レンズに入射させなければならない。そこで、上式(5)を満たすように、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の近軸パワーを選ぶことで、前記可動

要素のストロークが小さくてすむので、全体的にコンパクトな光学系を得ることができる。

【0061】請求項54に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、前記球面収差の変動に応じて前記可動要素を光軸に沿って変移させる変移装置を有することを特徴とする。

【0062】請求項55に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素が、比重2.0以下の材料から形成されていることを特徴とする。これにより、可動要素の変移装置への負担を軽減できる。

【0063】請求項56に記載の光ピックアップ装置は、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。特に、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の可動要素をプラスチック材料から形成することで、変移装置への負担を軽減することができ、また高速な追従が可能となる。更に、回折面や非球面を設ける構成要素をプラスチック材料から形成すれば、それらを容易に付加できる。

【0064】請求項57に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素がプラスチック材料から形成されていることを特徴とする。これにより、光学系の軽量化が達成できるので可動要素の変移装置への負担を軽減できる。また、回折構造を付加し易くなる。

【0065】請求項58に記載の光ピックアップ装置は、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも一方は、少なくとも一方の面に非球面を有することを特徴とし、請求項59に記載の光ピックアップ装置は、前記可動要素の少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする。この非球面を有することにより、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、その非球面の収差補正作用によって性能の良い光学系を得ることができる。特に、可動要素に非球面を設けることで、偏芯時の波面収差の劣化を防ぐことができる。

【0066】請求項60に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0067】請求項61に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0068】請求項62に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記1枚の正レンズと前記1枚の負レンズとから構成されたことを特徴とする。

【0069】請求項63に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する

手段は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を含むと、光学素子の回折面を用いて軸上色収差を効果的に補正できるので、新たに軸上色収差回補正用の光学素子を設ける必要がなく、低コスト及び省スペースを図れる。尚、回折面を備えた光学素子には、前記レンズ群中の一つのレンズを含み、従って、前記正レンズ群又は前記負レンズの一方であることを含む。また、それらレンズ以外に別に設けられた光学素子であることも含む。

【0070】請求項64に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、屈折率分布変化が可能な素子を有することを特徴とする。

【0071】請求項65に記載の光ピックアップ装置

$$5. 0 \leq fD/f \leq 40.0$$

ただし、

fD ：前記対物レンズの前記回折構造を $\Phi = b_1 h^2 + b_2 h^4 + b_3 h^6 + \dots$ により定義される光路差関数で表した（ここで、 h は光軸からの高さ（mm）であり、 b_1, b_2, b_3, \dots は 2 次、4 次、6 次、……の光路差関数係数である）とき、 $fD = 1 / (-2 \cdot b_1)$ により定義される、前記対物レンズの前記回折構造のみによる前記光源の発振波長における焦点距離

f ：前記対物レンズの屈折パワーと前記対物レンズの前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記対物レンズ全体の前記光源の発振波長における焦点距離

【0075】請求項68に記載の光ピックアップ装置は、集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を良好に補正可能な光ピックアップ装置に用いられる対物レンズの軸上色収差の補正に関する。発振波長 400 nm 程度の短波長レーザー光源及び $\text{NA} 0.85$ 程度の高い像側開口数を有する対物レンズを用いる場合、前述の理由から、対物レンズで発生する軸上色収差の補正は重要な問題となり得る。この問題は、上式（7）を満たす焦点距離を有する回折構造を対物レンズに設けることにより解決される。この回折構造は、レーザー光源の発振波長が長波長側に変動した際に、バックフォーカスが短くなる方向に変化するような波長特性を有するので、屈折レンズとしての屈折パワーと、回折レンズとしての回折パワーとを上式（7）を満たすように適切に選ぶことで、対物レンズで発生する軸上色収差を補正することができる。 fD/f の値が上式（7）の下限以上で対物レンズの軸上色収差が補正過剰になり過ぎず、上限以下で対物レンズの軸上色収差が補正不足になり過ぎないようすることができる。また、対物レンズの軸上色収差を過剰補正にしておけば、集光光学系に含まれる各光学素子で発生する軸上色収差を対物レンズで丁度キャンセルすることが可能となり、好ましい。

【0076】請求項69に記載の光ピックアップ装置は、前記回折構造は、その回折構造によって発生する回

は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段は、前記対物レンズの軸上色収差を補正する機能を備えたカップリングレンズを有することを特徴とする。

【0072】請求項66に記載の光ピックアップ装置は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有することを特徴とする。

【0073】請求項67に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが前記光学素子（輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子）であることを特徴とする。

【0074】請求項68に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、少なくとも1面が非球面の単玉対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。

$$(7)$$

折光のうち、他のいずれの次数の回折光の回折光量よりも大きい回折光量の n 次回折光（ここで、 n は、 -1 、 0 及び $+1$ 以外の整数）を発生するよう構成されており、前記光情報記録媒体に対して情報の記録及び／又は再生のために、前記 n 次回折光を前記光情報記録媒体の情報記録面に集光可能であることを特徴とする。

【0077】請求項69に記載の光ピックアップ装置は、特に、光情報記録媒体に対して情報の記録又は再生を、回折構造で発生する2次以上の高次回折光を使用し行う光ピックアップ装置に用いられる光学系に関する。前記 n 次の回折光を使用する場合、 $+1$ 次又は -1 次の回折光を使用する場合に比べ、回折構造の輪帯間隔（輪帯ピッチ）を約 n 倍、輪帯数を約 $1/n$ 倍とすることができるので、回折構造を付加するためのレンズ成形用金型を製造し易く、その金型の加工時間を短縮することができる。また、加工・製造誤差による回折効率の低下を防ぐことができる。

【0078】請求項70に記載の光ピックアップ装置は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有するとともに、前記球面収差の変動を補正する手段が、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアッペ数が 70.0 以下、あるいは、前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアッペ数が 40.0 以上であることを特徴とし、請求項71に記載の光ピックアップ装置は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有するとともに、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段が、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアッペ数が 70.0 以下、あるいは、前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアッペ数が 40.0 以上であることを特徴とする。

【0079】請求項70に記載の光ピックアップ装置は、対物レンズで発生する軸上色収差を補正することができる前記球面収差の変動を補正する手段の好ましい構成に関し、請求項71に記載の光ピックアップ装置は、対物レンズで発生する軸上色収差を補正することができ

る前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の好ましい構成に関する。前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を構成する正レンズのアップ数が70.0以下あるいは負レンズのアップ数が40.0以上である場合、対物レンズで発生する軸上色収差は補正不足になりがちとなる。この際、光源の発振波長が長波長側に微小変動したときに対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有する回折構造をもった回折面を、前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段の構成要素の少なくとも1面に設けることにより、対物レンズの軸上色収差を良好に補正することができる。さらに、この回折面に、光源の発振波長が長波長側に微小変動したときに対物レンズの球面収差が補正不足になるような球面収差特性を持たせることにより、光源の発振波長が長波

$$P2 < P1 < P3$$

【0081】これにより、前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段に、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差を補正する役割を持たせることができる。すなわち、回折構造により前記球面収差の変動を補正する手段自体又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段自体では、軸上色収差を過剰に補正し、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差とは逆の極性の軸上色収差を発生させることによって、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差を補正することができる。

【0082】請求項74に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面が、前記光源の発振波長の微小変動に対して、前記対物レンズで発生する軸上色収差を抑制する機能を有することを特徴とする。

【0083】請求項75に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面が、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有することを特徴とする。これにより、対物レンズの軸上色収差を良好に補正することができる。特に、カップリングレンズおよび/または対物レンズに回折面を設けることにより対物レンズで発生する軸上色収差を補正することで、モードホップのような、球面収差変動手段や対物レンズのフォーカシングが追従できない瞬間的な波長変化が起きた場合でもスポット径が増大せず安定な情報の記録または再生が可能となる。

【0084】請求項76に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面が、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする。これにより、光源の発振波長が長波長側

長側に微小変動したときの球面収差をも補正することができる。また、正レンズのアップ数が70.0以下であると、強度において優れ、製造もし易く、耐環境性にも良い。一方、負レンズのアップ数が40.0以上であると、短波長の光に対する透過性に優れる。正レンズおよび負レンズともアップ数が40.0以上70.0以下であることが好ましい。

【0080】請求項72に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動を補正する手段が、請求項73に記載の光ピックアップ装置は、前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段がそれぞれ、前記光源の発振波長における近軸パワーをP1とし、前記発振波長より10nm短い波長における近軸パワーをP2とし、前記発振波長より10nm長い波長における近軸パワーをP3としたとき、次式を満足することを特徴とする。

$$(8)$$

に微小変動した際の球面収差を良好に補正することができる。

【0085】請求項77に記載の光ピックアップ装置は、前記光源が、発振波長 λ_1 の光源と発振波長 λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$)の光源との少なくとも2つの光源を有し、前記集光光学系が、前記発振波長 λ_1 の光源からの第1の光束を、透明基板厚 t_1 の第1の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差0.07 λ_1 rms以下の状態で集光でき、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された第2の光束を、透明基板厚 t_2 ($t_1 \leq t_2$)の第2の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差0.07 λ_2 rms以下の状態で集光できることを特徴とする。

【0086】例えば、青紫色半導体レーザなど短波長の光源を用いて、異なる透明基板厚の光情報記録媒体に対して情報の記録又は再生を行おうとする場合、一方の光情報記録媒体に対して、対物レンズの球面収差補正が最適となるように設計すると、他方の光情報記録媒体に対しては、情報の記録又は再生時に球面収差が大きく発生することとなる。より具体的には、対物レンズと透明基板厚 t_1 の光情報記録媒体の組み合わせが無限平行光束の入射に対し球面収差が最小となるように補正されている場合、 t_2 ($> t_1$)の透明基板厚をもつ光情報記録媒体を記録又は再生しようとする、対物レンズで補正過剰の球面収差が発生する。逆に t_2 ($< t_1$)の透明基板厚をもつ光情報記録媒体を記録又は再生しようとする、対物レンズで補正不足の球面収差が発生する。

【0087】これに対し、例えば対物レンズに回折面を付加し、異なる波長の光束が、透明基板厚が異なる光情報記録媒体に対し、それぞれ良好な波面を形成するような波長依存性を有する回折レンズとすることで、良好に

透明基板厚が異なる時の球面収差を補正できる。請求項 77 に記載の光ピックアップ装置にあるように、短波長の回折光が透明基板厚の小さい光情報記録媒体に対して良好な波面を形成し、長波長の回折光が透明基板厚の大きい光情報記録媒体に対して良好な波面を形成するようにすると良い。

【0088】より具体的には、前記回折面が、前記光源の波長が長波長側に微小変動した際に前記対物レンズの球面収差が補正不足になるような球面収差特性を有することが好ましい。更に、光束の発散角度を変更する発散角度変更手段を設けて、前記対物レンズに入射する光束の発散度を、球面収差が最小となる物体距離に対応した発散度に変更することで、前記対物レンズの球面収差をより良好に補正することができる。特に、 t_2 の透明基板厚をもつ光情報記録媒体に対する球面収差最小時の光束が発散光であれば、ワーキングディスタンスの確保が容易となる。透明基板厚が異なる時の球面収差劣化の補正の役割を上記発散度変更手段と回折面とに分担できるので、発散度変更手段の可動部の移動量が小さくてすむ。また、球面収差補正の役割を上記発散度変更手段と回折面とで分担することで回折面のパワーを小さくすることができ、回折輪帯の間隔が大きくなって、回折効率の高い回折レンズが製造しやすくなる。なお、上記の説明では、対物レンズは透明基板厚 t_1 との組み合わせにおいて、無限遠光束に対して球面収差が最小となるように補正されているとしたが、有限距離からの発散光束あるいは、像側物体に向かう収斂光束に対して球面収差が最小になるように補正されたもののどちらでもよく、上記と同様な方法により透明基板厚が異なる時の球面収差を補正できることは言うまでもない。

【0089】請求項 78 に記載の光ピックアップ装置は、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子を有することを特徴とする。

【0090】請求項 79 に記載の光ピックアップ装置は、前記光学素子の前記回折面が、前記発振波長 λ_1 の光源から出射された前記第 1 の光束を、透明基板厚 t_1 の第 1 の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差 $0.07\lambda_1 \text{ rms}$ 以下の状態で集光でき、前記発振波長 λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$) の光源から出射された前記第 2 の光束を、透明基板厚 t_2 ($t_1 \leq t_2$) の第 2 の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差 $0.07\lambda_2 \text{ rms}$ 以下の状態で集光できるような波長特性を有することを特徴とする。具体的には、透明基板厚の違いにより発生する球面収差

$$0.5 \leq (f_1 / \nu d) \cdot f D 1 \leq 10.0 \quad (9)$$

ただし、

f_1 : 前記対物レンズの屈折パワーと前記対物レンズの前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記対物レ

を、それぞれの光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行うのに使用する 2 つの光源の発振波長の差と、前記回折面に設けた回折構造の作用とを利用して補正する。

【0091】請求項 80 に記載の光ピックアップ装置は、前記第 1 の光情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長 λ_1 の光源から出射された前記第 1 の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数を NA_1 とし、前記第 2 の情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された前記第 2 の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数を NA_2

($NA_1 > NA_2$) としたとき、前記光学素子の前記回折面は、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された前記第 2 の光束を、前記第 2 の光情報記録媒体の情報記録面に対して前記 NA_1 内で波面収差 $0.07\lambda_2 \text{ rms}$ 以上の状態で集光させることを特徴とする。

【0092】特に、請求項 80 に記載のように、発振波長 λ_1 と透明基板厚 t_1 と像側開口数 NA_1 との組み合わせに対して球面収差が良好に補正されている状態とし、発振波長 λ_2 と透明基板厚 t_2 と像側開口数 NA_2 との組み合わせに対して必要な像側開口数 NA_2 の範囲までの球面収差を前記回折構造の作用によって補正し、像側開口数 NA_2 から NA_1 までの範囲は球面収差を大きくしておく（フレア成分として大きく発生させておく）ことが好ましい。これにより、発振波長 λ_2 の第 2 の光束を、発振波長 λ_1 と対物レンズの像側開口数 NA_1 で決まる絞り内の全てを通過するように入射させた際、像側開口数 NA_2 以上の光束はスポットの結像に寄与せず、透明基板厚 t_1 の第 1 の光情報記録媒体に対して情報記録面上でスポット径が小さくなりすぎないので、光ピックアップ装置の受光手段での誤信号の発生や不要信号の検出を防ぐことができ、さらにそれぞれの光源の発振波長とそれに対応する像側開口数との組み合わせに応じて、絞りを切り替えるための手段等を設ける必要がなくなるので簡易な光ピックアップ装置を得ることができる。特に、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された前記第 2 の光束を、前記第 2 の光情報記録媒体の情報記録面に対して前記 NA_1 内で波面収差 $0.2\lambda_2 \text{ rms}$ 以上の状態で集光させることがより好ましい。

【0093】請求項 81 に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが前記光学素子（輪帯状の回折構造を有する回折面を備えた光学素子）であることを特徴とする。請求項 82 に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、少なくとも 1 面が非球面の単玉対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。

レンズ全体の前記発振波長 λ_1 における焦点距離 (mm)

νd : 前記対物レンズの d 線のアップ数

$f D 1$: 前記対物レンズの前記回折構造を $\Phi b = b_2 h^2$

41

+ $b_4 h^4 + b_6 h^6 + \dots$ により定義される光路差関数で表した(ここで、 h は光軸からの高さ(mm)であり、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots は2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数である)とき、 $fD = 1 / (-2 \cdot b_2)$ により定義される、前記対物レンズの前記回折構造

$$-2.5 \cdot 0 \leq (b_2 / \lambda 1) \leq 0.0$$

ただし、

b_2 : 前記対物レンズの前記回折構造を $\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \dots$ により定義される光路差関数で表した(ここで、 h は光軸からの高さ(mm)であり、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots は2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数である)ときのその2次の光路差関数係数

$\lambda 1$: 前記発振波長 $\lambda 1$ (mm)

【0095】請求項82、83に記載の光ピックアップ装置は、透明基板厚の異なる複数の光情報記録媒体に対して、対物レンズで発生する軸上色収差、及び集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を良好に補正可能な光ピックアップ装置に関し、特に、波長の異なる複数の光源の光束に対し同一の次数の回折光を利用する光ピックアップ装置において、回折構造を対物レンズに設け、その回折構造の作用によりその同一次数の回折光の軸上色収差をそれぞれ補正する場合に関する。

【0096】短波長光源(発振波長500nm程度以下)および従来の像側開口数(例えば、CDではNA0.45程度、DVDではNA0.6程度)よりも高い像側開口数を有する対物レンズを用いる場合には、コマ収差の発生を小さく抑えるために、光情報記録媒体の透明基板厚を0.2mm以下と小さくすることが特に有効であるが、上式(9)を満たすことにより、短波長光源および従来の長波長光源の両光束に対して軸上色収差が補正過剰になり過ぎたり、補正不足になり過ぎたりせず、バランスよく補正することができ、透明基板厚の異なる複数の光情報記録媒体に対して、それぞれの情報記録面にそれぞれ良好なスポットを形成するような波長特性をもつ回折構造を対物レンズに設けることにより、従来の透明基板厚(例えば、CDでは1.2mm、DVDでは0.6mm)の大きい光情報記録媒体に対しても単一の光ピックアップ装置(少なくとも、対物レンズ及びその駆動機構を共用する光ピックアップ装置)で、情報の記録又は再生を行うことが可能となる。上式(9)において左辺の下限以上で、600nm~800nmの長波長光源の光束に対して軸上色収差が補正過剰になり過ぎず、右辺の上限以下で、500nm以下の短波長光源の光束に対して軸上色収差が補正不足になり過ぎなくで、好ましい。

【0097】また、上式(10)を満たすことにより、対物レンズに設けた回折構造での収差補正の負担を軽減できる、すなわち、上式(10)を満たすことにより、対物レンズに設けた回折構造に、集光光学系で発生する

42

造のみによる前記発振波長 $\lambda 1$ における焦点距離 (mm)

【0094】請求項83に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、少なくとも1面が非球面の単玉対物レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。

$$(10)$$

軸上色収差の補正の役割をほとんど持たせないようにできるので、回折構造の輪帯間隔が大きく、輪帯数が少なく、回折効率の高い対物レンズとすることができる。ここで、 $b_2 = 0$ の場合は、対物レンズに設けた回折構造により、集光光学系で発生する軸上色収差を補正しない場合に相当し、 $-2.5 \cdot 0 \leq (b_2 / \lambda 1) < 0.0$ の場合は、長波長の光源(600nm~800nm程度)の光束に対して軸上色収差が過剰補正にならない程度に、短波長の光源(500nm程度以下)の光束に対して軸上色収差を補正する場合に相当する。こうして補正不足の軸上色収差は、対物レンズと光源との間に配置される前記球面収差の変動を補正する手段を、請求項10、11、33、38、39、63又は65に記載の構成とすることにより補正することができる。また、対物レンズで発生する軸上色収差を回折構造の作用によって補正する場合、対物レンズの材料のアッペ数を νd としたとき、 $\nu d > 55.0$ を満足することが好ましく、それにより2次スペクトルを小さく抑えることができる。

【0098】請求項84に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面が、前記光源の発振波長の微小変動に対して、前記対物レンズで発生する軸上色収差を補正する機能を有することを特徴とする。

【0099】請求項85に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面が、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有するので、短波長光源を用いたときに問題となる軸上色収差を良好に補正することが可能となる。

【0100】請求項86に記載の光ピックアップ装置は、前記回折面は、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、前記対物レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする。これにより、球面収差補正の役割を前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段と、前記回折面とに分担できるので、前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段を、光軸方向に変移可能な光学要素を用いて構成した場合には、その光学要素のストローク量が小さくてすむ。また、前述のように、球面収差補正の役割を、前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段と、前記回折面とで分担することで、前記回折面のパワーを抑えることができ、回折輪帯の間隔を大きくできるので、回折効率の高

い光学素子が製造しやすくなる。

【0101】請求項87、88に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、少なくとも1面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により前記光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第1の部分、第2の部分及び第3の部分有し、前記第1の部分及び前記第3の部分は、透明基板厚 t_1 の第1の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記光源からの光束を集光可能であり、前記第1の部分及び前記第2の部分は、透明基板厚 t_2 ($t_1 < t_2$) の第2の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記光源からの光束を集光可能であることを特徴とする。

【0102】請求項89に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズの少なくとも1面に、屈折作用により入射光束を k 個 ($k \geq 4$) の輪帯状の光束 (ここで、光軸側からその外側に向かって、順に第1、第2、 \dots 、第 k 光束とする) に分割する輪帯状段差部分を形成し、前記第1の光情報記録媒体に対して情報の記録及び/または再生を行う場合には、前記第1及び第 k 光束がつくる最良像面位置における前記第1及び第 k 光束の波面収差の球面収差成分は $0.05\lambda_{rms}$ 以下 (λ の光源波長) であり、前記第2ないし第($k-1$) 光束のうち、少なくとも2つの光束はそれぞれ、前記第1及び第 k 光束がつくる前記最良像面位置とは異なる

$$|SA1/SA2| > 1.0$$

ただし、

SA1: 収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に展開したときの3次の球面収差成分

SA2: 収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に展開したときの5次の球面収差成分と7次の球面収差成分と9次の球面収差成分との2乗和の平方根

【0106】請求項91に記載の光ピックアップ装置は、対物レンズで発生する球面収差の実質的な次数の球面収差成分におけるバランスに関する。特に、高い像側開口数の単玉対物レンズでは、中心厚 (軸上厚) の僅かな違いで球面収差の量は大きくなる傾向があるので、対物レンズに要求される中心厚の許容範囲は非常に小さくなり、さらに、モールド成形でレンズを製造する場合には、複数のレンズを数 μm 以下の中心厚のふれで得ることも難しいが、上式 (11) を満たすことにより、3次の球面収差成分は、前記球面収差の変動を補正する手段又は前記球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段によって比較的容易に補正することができるので、中心厚の許容範囲 (特に、設計値からの誤差) を広げることができる。

【0107】請求項92に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズの開口数を決定する絞りが、前記対物レンズのもっとも光源側の面の面頂点より前記光情報

る位置に見かけ上の最良像面位置が形成され、前記第1及び第 k 光束がつくる前記最良像面位置で、前記第1の光情報記録媒体に対する必要開口数内を通る前記第1ないし第 k 光束のそれぞれの光束内の光線の波面収差がほぼ $mi\lambda$ (mi 個は整数で、 $i=1, 2, \dots, k$) となることを特徴とする。

【0103】請求項89に記載の光ピックアップ装置によれば、前記輪帯状段差により分割される複数の分割面により、前記第1の光情報記録媒体 (第1の光ディスク) の透明基板厚と前記第2の光情報記録媒体 (第2の光ディスク) の透明基板厚との間の基板厚差において、残留誤差が小さくなるようにしているので、複数種類の光ディスクに対して情報の記録及び/又は再生を適切に行うことができる。かかる対物レンズについては、図26を参照して後述する。

【0104】請求項90に記載の光ピックアップ装置は、前記第1の光情報記録媒体の透明基板厚 t_1 は、 0.6 mm 以下であり、前記第2の光情報記録媒体の透明基板厚 t_2 は、 0.6 mm 以上であり、前記発振波長 λ_2 は、 600 nm 以上 800 nm 以下の範囲内であることを特徴とする。

【0105】請求項91に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズの球面収差のうち、3次の球面収差成分をSA1、5次及び7次及び9次の球面収差成分の和をSA2としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$(11)$$

記録媒体が配置される側に位置することを特徴とする。これにより、発散光が対物レンズに入射する場合に、対物レンズの最も光源側の面の光線通過高さを小さく抑えることができるので、対物レンズの小型化あるいは収差補正上好ましい。

【0108】請求項93に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、少なくとも1面に非球面を有する単玉対物レンズであるので、球面収差またはコマ収差を効果的に補正でき、小型かつ軽量のコンパクトな光ピックアップ装置を提供できる。特に、両面とも非球面とすることにより、球面収差とコマ収差とを効果的に補正できるのでより好ましい。

【0109】請求項94に記載の光ピックアップ装置は、前記光源が、少なくとも 500 nm 以下の発振波長を有するので、高密度な情報の記録または高密度記録信号の再生が可能となる。また、発振波長 500 nm 以下の短波長光源を用いた場合に問題となる軸上色収差は、特に、請求項10、11、33、38、39、63又は65に記載の構成とすることで補正することができる。

【0110】請求項95に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズの像側開口数NAは、少なくとも 0.65 以上であることを特徴とする。前記対物レンズの像側開口数を 0.65 以上 (より好ましくは 0.75

以上)と従来より大きくすることで、より一層の光情報記録媒体の高密度大容量化が達成できる。以下、具体的な数値をあげて説明する。光情報記録媒体上に集光するスポット径は、 $k\lambda/NA$ (k : 比例定数、 λ : 光源の発振波長、 NA : 対物レンズの像側開口数)で表せるので、発振波長 400 nm の青紫色半導体レーザー及び像側開口数 0.85 の対物レンズを用いた高密度光ピックアップ光学系では、発振波長 650 nm の赤色半導体レーザー及び像側開口数 0.65 の対物レンズを用いた低

$$1. 1 \leq d1/f \leq 3.0$$

ただし、

$d1$: 軸上レンズ厚 (mm)

f : 前記光源の発振波長における焦点距離 (mm) (ただし、前記光源に発振波長が異なる複数の光源を有する場合には、最も波長が短い発振波長における焦点距離、また前記対物レンズに回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

【0112】上式 (12) は、良好な像高特性を得るための条件に関する。0.65 以上の大きな像側開口数を得ようとするとき、値 $d1/f$ が下限以上であれば、良

$$1. 2 \leq d1/f \leq 2.3$$

また、下記式を満足することが特に望ましい。

$$1. 4 \leq d1/f \leq 1.8$$

【0113】請求項 97 に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。前記対物レンズをプラスチック製とすることで、軽量化を達成でき、フォーカシング機構への負担を軽減することができる。また、前記対物レンズは安定した精度で安価に大量生産することができる。更に、対物レンズに非球面や回折面を設ける際には、容易にそれらを形成することができる。特に、射出成形 (射出圧縮成形を含む) により製造することが好ましい。

【0114】請求項 98 に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、飽和吸水率が 0.5% 以下である材料から形成されていることを特徴とする。これにより、吸湿による対物レンズの屈折率変化が少なくなり好ましい。

【0115】請求項 99 に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズは、前記光源の発振波長の光に対して、厚さ 3 mm における内部透過率が 85% 以上である材料から形成されていることを特徴とする。これにより、高い光強度を有する光源を必要としないため省エネルギーが図れる。

$$1. 1 \leq d1/f \leq 3.0$$

ただし、

$d1$: 軸上レンズ厚 (mm)

f : 前記発振波長 $\lambda 1$ における焦点距離 (mm) (ただし、前記対物レンズに回折面を備えている場合には、屈折パワーと回折パワーとを合わせた全体の焦点距離)

密度光ピックアップ光学系に比べ、スポット径は約 1/2 となる。ここで、光情報記録媒体上への記録密度は、スポット径比の逆数の 2 乗に比例するので、高密度光ピックアップ光学系の記録密度は、低密度光ピックアップ光学系の 4 倍となる。

【0111】請求項 96 に記載の光ピックアップ装置は、前記対物レンズが、以下の式を満たすことを特徴とする。

$$(12)$$

好な像高特性を確保でき、シフト感度を小さくできる。また、対物レンズのレンズ面の有効径の最大位置での非球面の接面と光軸に垂直な面とのなす角を小さくすることができるので、レンズ成形する際の金型の加工が容易になる。一方、値 $d1/f$ が上限以上であれば、中心厚 (軸上厚) が大きくなりすぎることがないので、ワーキングディスタンスを大きく確保することができる。また、非点収差の発生を小さく抑えることができるので、良好な像高特性を確保できる。以上より、値 $d1/f$ は、下記式を満足することがより望ましい。

$$(12')$$

$$(12'')$$

【0116】請求項 100 に記載の対物レンズは、請求項 1 乃至 99 のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする。

【0117】請求項 101 に記載の対物レンズは、請求項 1 乃至 99 のいずれかに記載の光ピックアップ装置に用いられた前記対物レンズであることを特徴とする。

【0118】請求項 102 に記載の対物レンズは、少なくとも 2 種類の光情報記録媒体に対して情報の記録及び/又は再生が可能な光ピックアップ装置であって、発振波長 $\lambda 1$ の光源と、前記発振波長 $\lambda 1$ とは異なる発振波長 $\lambda 2$ ($\lambda 1 < \lambda 2$) の光源と、前記発振波長 $\lambda 1$ の光源から出射された第 1 の光束を、透明基板厚 $t 1$ の透明基板を介して第 1 の光情報記録媒体の情報記録面上に集光させると共に、前記発振波長 $\lambda 2$ の光源から出射された第 2 の光束を、透明基板厚 $t 2$ ($t 1 \leq t 2$) の透明基板を介して第 2 の光情報記録媒体の情報記録面上に集光させる対物レンズを含む集光光学系と、前記第 1 及び前記第 2 の光情報記録媒体からの反射光を受光する光検出器とを有する光ピックアップ装置用の対物レンズにおいて、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$(13)$$

【0119】請求項 103 に記載の対物レンズは、像側開口数 NA が、0.75 以上であることを特徴とする。

【0120】請求項 104 に記載の対物レンズは、輪帯状の回折構造を有する回折面を備えていることを特徴とする。

【0121】請求項105に記載の対物レンズは、前記回折面が、前記発振波長 λ_1 の光源から出射された前記第1の光束を、前記第1の光情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差 $0.07\lambda_1 \text{ rms}$ 以下の状態で集光でき、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された前記第2の光束を、前記第2の情報記録媒体の情報記録面に対して、情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数内で波面収差 $0.07\lambda_2 \text{ rms}$ 以下の状態で集光できるような波長特性を有することを特徴とする。

【0122】請求項106に記載の対物レンズは、前記第1の光情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長 λ_1 の光源から出射された前記第1の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数を NA_1 とし、前記第2の情報記録媒体の情報記録面に対して、前記発振波長 λ_2 の光源から出射された前記第2の光束による情報の記録または再生に必要な前記対物レンズの像側の所定開口数を NA_2 ($NA_1 > NA_2$) としたとき、前記回折面は、前記発振波長 λ_2

$$0.5 \leq (f_1 / \nu d) \cdot fD_1 \leq 10.0$$

ただし、

f_1 : 屈折パワーと前記回折構造による回折パワーとを合わせた前記発振波長 λ_1 における焦点距離 (mm)

νd : レンズ材料の d 線のアッペ数

fD_1 : 前記回折構造を $\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \dots$ により定義される光路差関数で表した (ここで、 h は光軸からの高さ (mm) であり、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots は2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数である) とき、 $fD = 1 / (-2 \cdot b_2)$ により定義される、前記回折構造のみによる前記発振波長 λ_1 における焦点距離 (mm)

【0127】上式(14)を満たすことにより、短波長光源および従来の長波長光源の両光束に対して軸上色収差が補正過剰になり過ぎたり、補正不足になり過ぎたりせず、バランスよく補正することができる。上式(14)において左辺の下限以上で、 $600 \text{ nm} \sim 800 \text{ nm}$

$$-25.0 \leq (b_2 / \lambda_1) \leq 0.0$$

ただし、

b_2 : 前記回折構造を $\Phi b = b_2 h^2 + b_4 h^4 + b_6 h^6 + \dots$ により定義される光路差関数で表した (ここで、 h は光軸からの高さ (mm) であり、 b_2 、 b_4 、 b_6 、 \dots は2次、4次、6次、 \dots の光路差関数係数である) ときのその2次の光路差関数係数

λ_1 : 前記発振波長 λ_1 (mm)

【0129】また、上式(15)を満たすことにより、対物レンズに設けた回折構造での収差補正の負担を軽減できる、すなわち、上式(15)を満たすことにより、対物レンズに設けた回折構造に、集光光学系で発生する軸上色収差の補正の役割をほとんど持たせないようにで

の光源から出射された前記第2の光束を、前記第2の光情報記録媒体の情報記録面に対して前記 NA_1 内で波面収差 $0.07\lambda_2 \text{ rms}$ 以上の状態で集光させることを特徴とする。

【0123】請求項107に記載の対物レンズは、前記回折面が、前記光源の発振波長の微小変動に対して、軸上色収差を抑制する機能を有することを特徴とする。

【0124】請求項108に記載の対物レンズは、前記回折面が、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に前記対物レンズのバックフォーカスを短くするような波長特性を有することを特徴とする。

【0125】請求項109に記載の対物レンズは、前記回折面が、前記光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に前記対物レンズの球面収差が補正不足になるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする。

【0126】請求項110に記載の対物レンズは、少なくとも1面が非球面の単玉レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。

$$(14)$$

m の長波長光源の光束に対して軸上色収差が補正過剰になり過ぎず、右辺の上限以下で、 500 nm 以下の短波長光源の光束に対して軸上色収差が補正不足になり過ぎなくでき、好ましい。また、透明基板厚の異なる複数の光情報記録媒体に対して、それぞれの情報記録面にそれぞれ良好なスポットを形成するような波長特性を有する回折構造とすることにより、従来の透明基板厚 (例えば、 CD では 1.2 mm 、 DVD では 0.6 mm) の大きい光情報記録媒体に対しても、短波長光源及び高い像側開口数を必要とする透明基板厚の薄い光情報記録媒体 (例えば、透明基板厚 0.2 mm 以下) に対しても、情報の記録又は再生に兼用することができる対物レンズを得ることが可能となる。

【0128】請求項111に記載の対物レンズは、少なくとも1面が非球面の単玉レンズであって、次式を満たすことを特徴とする。

$$(15)$$

きるので、回折構造の輪帯間隔が大きく、輪帯数が少なく、回折効率の高い対物レンズとすることができる。ここで、 $b_2 = 0$ の場合は、対物レンズに設けた回折構造により、集光光学系で発生する軸上色収差を補正しない場合に相当し、 $-25.0 \leq (b_2 / \lambda_1) < 0.0$ の場合は、長波長の光源 ($600 \text{ nm} \sim 800 \text{ nm}$ 程度) の光束に対して軸上色収差が過剰補正にならない程度に、短波長の光源 (500 nm 程度以下) の光束に対して軸上色収差を補正する場合に相当する。こうして補正不足の軸上色収差は、対物レンズと光源との間に配置される前記球面収差の変動を補正する手段を、請求項10、11、33、38、39、63又は65に記載の構

成とすることにより補正することができる。また、対物レンズで発生する軸上色収差を回折構造の作用によって補正する場合、対物レンズの材料のアップ数を νd としたとき、 $\nu d > 55.0$ を満足することが好ましく、それにより2次スペクトルを小さく抑えることができる。

$$|SA1/SA2| > 1.0$$

ただし、

SA1: 収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に展開したときの3次の球面収差成分

SA2: 収差関数をツェルニケ (Zernike) の多項式に展開したときの5次の球面収差成分と7次の球面収差成分と9次の球面収差成分との2乗和の平方根

【0131】対物レンズで発生する球面収差の実質的な次数の球面収差成分におけるバランスに関する。特に、高い像側開口数の単玉対物レンズでは、中心厚(軸上厚)の僅かな違いで球面収差の量は大きくなる傾向があるので、対物レンズに要求される中心厚の許容範囲は非常に小さくなり、さらに、モールド成形でレンズを製造する場合には、複数のレンズを数 μm 以下の中心厚のふれで得ることも難しいが、上式(11)を満たすことにより、対物レンズで発生する球面収差の実質的な次数の球面収差成分におけるバランスを良好にでき、対物レンズに要求させる中心厚の許容範囲(特に、設計値からの誤差)を拡げることができる。

【0132】請求項113に記載の対物レンズは、少なくとも1面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により前記光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第1の部分、第2の部分及び第3の部分とを有し、前記第1の部分及び前記第3の部分は、前記第1の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長 λ_1 の光源からの光束を集光可能であり、前記第1の部分及び前記第2の部分は、前記第2の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように前記発振波長 λ_2 の光源からの光束を集光可能であることを特徴とする。

【0133】請求項114に記載の対物レンズは、少なくとも1面に、屈折作用により入射光束を k 個($k \geq 4$)の輪帯状の光束(ここで、光軸側からその外側に向かって、順に第1、第2、……、第 k 光束とする)に分割する輪帯状段差部分を形成し、前記第1の光情報記録媒体に対して情報の記録及び/または再生を行う場合には、前記第1及び第 k 光束がつくる最良像面位置における前記第1及び第 k 光束の波面収差の球面収差成分は $0.05\lambda_1 \text{rms}$ 以下(λ_1 の光源波長)であり、前記第2ないし第 $(k-1)$ 光束のうち、少なくとも2つの光束はそれぞれ、前記第1及び第 k 光束がつくる前記最良像面位置とは異なる位置に見かけ上の最良像面位置が形成され、前記第1及び第 k 光束がつくる前記最良像面位置で、前記第1の光情報記録媒体に対する必

【0130】請求項112に記載の対物レンズは、球面収差のうち、3次の球面収差成分をSA1、5次及び7次及び9次の球面収差成分の和をSA2としたとき、次式を満たすことを特徴とする。

$$(16)$$

要開口数内を通る前記第1ないし第 k 光束のそれぞれの光束内の光線の波面収差がほぼ $m_i \lambda_1$ (m_i 個は整数で、 $i=1, 2, \dots, k$)となることを特徴とする。

【0134】請求項115に記載の対物レンズは、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。

【0135】請求項116に記載の対物レンズは、飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0136】請求項117に記載の対物レンズは、前記光源の発振波長に対して、厚さ3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0137】請求項118に記載の対物レンズは、少なくとも一方の面が非球面の単玉レンズであることを特徴とする。

【0138】請求項119に記載の対物レンズは、請求項1乃至99のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする。

【0139】請求項120に記載のビームエキスパンダーは、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを含み、少なくともその一方は光軸方向に沿って変移可能な可動要素となっており、前記正レンズを含む全正レンズのそれぞれのアップ数が70.0以下あるいは前記負レンズを含む全負レンズのそれぞれのアップ数が40.0以上であって、少なくとも1面に輪帯状の回折構造を有する回折面を有することを特徴とする。

【0140】ビームエキスパンダーを構成する正レンズのアップ数が70.0以下あるいは負レンズのアップ数が40.0以上である場合、他の光学素子(特に、好ましくは、光ピックアップ装置に適用した際の対物レンズ)で発生する軸上色収差は補正不足になりがちとなるが、回折面を設けることにより、その軸上色収差を良好に補正することが可能となる。特に、入射光源の発振波長が長波長側に微小変動したときに対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有する回折構造をもった回折面を少なくとも1面に設けることにより、対物レンズの軸上色収差を良好に補正することができる。さらに、この回折面に、光源の発振波長が長波長側に微小変動したときに対物レンズの球面収差が補正不足になるような球面収差特性を持たせることにより、光源の発振波長が長波長側に微小変動したときの球面収差をも補正することができる。また、正レンズのアップ数が70.0以下であると、強度において優れ、製造もし易

く、耐環境性にも良い。一方、負レンズのアッペ数が40.0以上であると、短波長の光に対する透過性に優れる。正レンズおよび負レンズともアッペ数が40.0以上70.0以下であることが好ましい。

【0141】請求項121に記載のビームエキスパンダー

$$P2 < P1 < P3$$

【0142】これにより、ビームエキスパンダーに、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差を補正する役割を持たせることができる。すなわち、回折構造によりビームエキスパンダー自体では軸上色収差を過剰に補正し、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差とは逆の極性の軸上色収差を発生させることによって、対物レンズやカップリングレンズ等の光学素子で発生する軸上色収差を補正することができる。

【0143】請求項122に記載のビームエキスパンダーは、前記回折面が、入射させる光束を出力する光源の発振波長の微小変動に対して、出射側に配置される集光レンズで発生する軸上色収差を抑制する機能を有することを特徴とする。

【0144】請求項123に記載のビームエキスパンダーは、前記回折面が、入射させる光束を出力する光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、出射側に配置される集光レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性を有することを特徴とする。これにより、対物レンズ等の光学素子の軸上色収差を良好に補正することができる。

【0145】請求項124に記載のビームエキスパンダーは、前記回折面が、入射させる光束を出力する光源の発振波長が長波長側に微小変動した際に、出射側に配置される集光レンズの球面収差が補正不足となるような方向に変化する球面収差特性を有することを特徴とする。これにより、入力させる光束を出力する光源の発振波長が長波長側に微小変動した際の球面収差を良好に補正することができる。

【0146】請求項125に記載のビームエキスパンダーは、前記可動要素が、比重2.0以下の材料から形成されていることを特徴とする。これにより、可動要素の変移装置への負担を軽減できる。

【0147】請求項126に記載のビームエキスパンダーは、前記可動要素が、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。これにより、変移装置への負担を軽減することができ、また高速な可動要素の光軸方向の移動が可能となる。更に、回折面や非球面を設ける構成要素をプラスチック材料から形成すれば、それらを容易に付加できる。

【0148】請求項127に記載のビームエキスパンダーは、前記可動要素の少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする。

【0149】請求項128に記載のビームエキスパンダー

ーは、入射させる光束を出力する光源の発振波長における近軸パワーをP1とし、前記発振波長より10nm短い波長における近軸パワーをP2とし、前記発振波長より10nm長い波長における近軸パワーをP3としたとき、次式を満足することを特徴とする。

$$(17)$$

ーは、前記可動要素が、飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0150】請求項129に記載のビームエキスパンダーは、前記可動要素が、入射させる光源の発振波長の光に対して、厚さ3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0151】請求項130に記載のビームエキスパンダーは、プラスチック材料から形成されていることを特徴とする。

【0152】請求項131に記載のビームエキスパンダーは、少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする。

【0153】請求項132に記載のビームエキスパンダーは、飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0154】請求項133に記載のビームエキスパンダーは、入射させる光源の発振波長の光に対して、厚さ3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0155】請求項134に記載のビームエキスパンダーは、請求項8乃至33、36乃至63のいずれかに記載の光ピックアップ装置に適用可能であることを特徴とする。

【0156】本明細書中で用いる回折面とは、光学素子の表面、例えばレンズの表面に、レリーフを設けて、回折によって光線の角度を変える作用を持たせた形態（又は面）のことをいい、一つの光学面に回折を生じる領域と生じない領域がある場合は、回折を生じる領域をいう。レリーフの形状としては、例えば、光学素子の表面に、光軸を中心とする略同心円状の輪帯として形成され、光軸を含む平面でその断面をみれば各輪帯は鋸歯のような形状が知られているが、そのような形状を含むものである。特に、そのような鋸歯状の輪帯構造であることが好ましい。

【0157】本明細書中において、対物レンズとは、狭義には光ピックアップ装置に光情報記録媒体を装填した状態において、最も光情報記録媒体側の位置で、これと対向すべく配置される集光作用を有するレンズを指し、広義にはそのレンズと共に、アクチュエータによって少なくともその光軸方向に作動可能なレンズ群を指すものとする。

【0158】本明細書中において、集光光学系とは、少なくとも対物レンズを含み、光源から対物レンズとの間に配置されて、入射される光束を略平行光束とするため

のカップリングレンズ（入射される発散光束を平行光束とするコリメータを含む）を指すものとする。但し、後述するビームエキスパンダー等の一体的に機能される少なくとも光学素子の集合体であって、その集合体を構成する一部の光学素子が光軸方向に沿って変移可能な集合体、及びその集合体の一部の光学素子は、ここでは集光光学系に含まないものとする。尚、カップリングレンズは、複数のレンズからなっているとしてもよく、また、それらのレンズが離間され、その間に他の光学素子が介在する構成であってもよい。

【0159】本明細書中において、ビームエキスパンダーとは、少なくとも1つのレンズ等の光学素子を光軸方向に沿って変移可能であり、それにより出射光束の発散角（発散作用、収束作用を含む）を可変可能であって、略平行光束を入射させた際に略平行光束を出射可能なレンズ等の光学素子の集合体（レンズ群等の光学素子群）を指すものとする。それらレンズ等の複数の光学素子が一体化されていることが好ましく、少なくとも1つのレンズ等の光学素子が光軸方向に沿って変移可能に少なくとも構成されたものであれば、実際にその変移を行う変移装置といった駆動手段は、ビームエキスパンダーとしては含んでいなくてもよい。

【0160】本明細書中において、球面収差の変動と前記軸上色収差とを補正する手段とは、球面収差の変動を補正する手段と軸上色収差を補正する手段とが単一の手段、たとえば一つの光学素子やその集合体（例えば、ビームエキスパンダー）により、2つの補正機能を両方有している構成であることを意味するものであり、例えば、特定のアップベ数の正レンズ及び負レンズで構成したビームエキスパンダーや、回折構造を有する面を備えたビームエキスパンダー等が挙げられる。また、本明細書中において、光ピックアップ装置に関する発明では、特段の規定がない限り、焦点距離としては、使用される光源のうち最も発振波長の短い光を出射する光源のその発振波長に対する焦点距離を指すものとする。

【0161】本明細書中において、光源の発振波長の微小変動とは、光源の発振波長に対して、 $\pm 10 \text{ nm}$ の範囲内での波長変動を指すものとする。また、本明細書中において、各種の収差を（良好に）補正するとは、波面

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)h^2/r^2}} + \sum_{i=2}^{\infty} A_{2i} h^{2i}$$

【0166】本実施の形態で用いられる回折面は、光路差関数として【数2】により表される。

【数2】

収差を求めたときにいわゆる回折限界性能である $0.07 \lambda \text{ rms}$ 以下（ここで、 λ は使用する光源の発振波長）であることが好ましく、さらに、装置上の機械精度等を考慮して $0.05 \lambda \text{ rms}$ 以下であることがより好ましい。これらにより種々の光情報記録媒体に対して、それぞれ適切なスポットサイズを得ることができる。

【0162】本明細書中において、光情報記録媒体（光ディスク）としては、例えば、CD-R、CD-RW、CD-Video、CD-ROM等の各種CD、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW、DVD-Video等の各種DVD、或いはMD等のディスク状の現在の光情報記録媒体および次世代の光情報記録媒体なども含まれる。尚、本明細書中において用いる透明基板とは、厚さが 0 mm すなわち透明基板が存在しない場合も含む。

【0163】本明細書中において、情報の記録および再生とは、上記のような光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録すること、情報記録面上に記録された情報を再生することをいう。本発明の光ピックアップ装置は、記録だけ或いは再生だけを行うために用いられるものであってもよいし、記録および再生の両方を行うために用いられるものであってもよい。また、或る光情報記録媒体に対しては記録を行い、別の光情報記録媒体に対しては再生を行うために用いられるものであってもよいし、或る光情報記録媒体に対しては記録または再生を行い、別の光情報記録媒体に対しては記録及び再生を行うために用いられるものであってもよい。なお、ここでいう再生とは、単に情報を読み取ることも含むものである。

【0164】本発明の光ピックアップ装置は、各種のプレーヤまたはドライブ等、あるいはそれらを組み込んだAV機器、パソコン、その他の情報端末等の音声および／または画像の記録および／または再生装置に搭載することができる。

【0165】

【発明の実施の形態】本実施の形態において用いられる非球面は、次の【数1】で表される。但し、 x は光軸方向の軸、 h は光軸と垂直方向の軸、光の進行方向を正とし、 r は近軸曲率半径、 κ は円錐係数、 A_{2i} は非球面係数である。

【数1】

$$\Phi_b = \sum_{i=1}^{\infty} b_{2i} h^{2i}$$

50 【0167】以下、本発明の好適な実施の形態について

て、図面を参照しつつ説明する。図1は、本実施の形態にかかる光ピックアップ装置の概略構成図である。図1において、第1の光情報記録媒体23に対して記録および/または再生を行う第1光源11と、第2の光情報記録媒体24に対して記録および/または再生を行う第1光源11とは波長の異なる第2光源12とを備え、それぞれの光源から射出される発散光束の発散角を所望の発散角に変換するカップリングレンズ21、22と、上記それぞれの光源からの光束をほぼ同一の方向に進むようにする光路合成手段であるビームスプリッタ62と、ビームスプリッタ62からの光束を光情報記録媒体の情報記録面5に集光する対物レンズ3と、光情報記録媒体からの反射光を受光する光検出器41、42とを備えている。図中、8は絞り、9はシリンドリカルレンズ、71、72は1/4波長板、15は光源11からの発散光束の発散度を小さくするためのカップリングレンズ、16は凹レンズ、17は反射光束を分離するためのホログラムである。

【0168】更に、本実施の形態においては、対物レンズ3の球面収差の変動を補正する手段及び発散度変更手段として、前記光源側から順に配置された負レンズ5と正レンズ4と、アクチュエータ7を備えている（以下、球面収差補正手段、及び発散度変更手段ともいう）。アクチュエータ7は、光学要素としての負レンズ5を光軸方向に移動させて光束の発散角度を変更する変移装置として機能する。また、本実施の形態に関連して、その具体的な一部の光学系を示す実施例1～14においては、この変移可能な負レンズ5と正レンズ4とから構成された、いわゆるビームエキスパンダーの一例のことを、球面収差補正手段と表現する場合がある。尚、6は、フォーカシングのため対物レンズ3を光軸方向に駆動するアクチュエータである。第1光源11は波長 $\lambda_1 = 405$ nmのレーザ光を射出し、第2光源12は波長 $\lambda_2 = 6$

55 nmのレーザ光を射出できるものとする。

【0169】以下に述べる実施例において、実施例1、2、11、12は、対物レンズ3に回折面を設けて軸上色収差を補正しており、実施例3～5は、負レンズ5と正レンズ4に特定の素材を用いて軸上色収差を補正しており、実施例6～8、13、14は、負レンズ5と正レンズ4の少なくとも一方に回折面を設けて対物レンズ3の軸上色収差を補正しており、実施例9、10は、負レンズ5と正レンズ4の特定の素材と、正レンズ4に設けた回折面の相乗効果で対物レンズ3の軸上色収差を補正している。また、実施例4、5、12は、異なる光情報記録媒体に対し、同一の光学系を用いて情報の記録又は再生を行う例である。尚、以下の対物レンズの実施例では、吸水率0.01%以下で、光源波長400 nmの光束による透過率が90.5%及び光源波長700 nmの光束による透過率が92%であるプラスチック材料を用いて形成した。また、以下の実施例において、図1に示した本実施の形態における第1光源11のみを用いた実施例では、具体的な実施の形態の図面は省略したが、概して図1のピックアップ装置において、例えば、第2光源12と、カップリングレンズ22と、ビームスプリッタ62と、光検出器42と、1/4波長板72と、ホログラム17とを取り除いたような態様とすることができる。以下、各実施例について説明する。

【0170】（実施例1）表1に、実施例1における、負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3からなる光学系に関するデータを示す。尚、これより示すレンズデータ内において、10のべき乗数（例えば、 2.5×10^{-3} ）を、E（例えば、 $2.5 \times E - 3$ ）を用いて表している。また、回転対称な多項式によって表される回折面の回折による1次光は、回折後収束する方向に光線の角度が変化する光のことを意味する。

【表1】

実施例1
 λ 1405nm
 NA 0.85

| | | r(mm) | d(mm) | N_{d1} | νd |
|---------------|-------|----------|-------|----------|---------|
| 1 | 球面収差補 | -604.711 | 0.800 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | 正手段 | 7.532 | 1.000 | | |
| 3 | | 8.122 | 1.200 | 1.50717 | 81.6 |
| 4 | | -11.199 | 1.000 | | |
| 5(絞り) | | ∞ | 0.000 | | |
| 6(非球面1, 回折面1) | 対物レンズ | 1.233 | 2.688 | 1.52524 | 56.5 |
| 7(非球面2) | | -0.931 | 0.334 | | |
| 8 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61949 | 30.0 |
| 9 | | ∞ | 0.000 | | |

非球面1

| | |
|----------|-------------|
| K | -6.8440E-01 |
| A_4 | 1.7085E-02 |
| A_6 | 2.4417E-03 |
| A_8 | 1.4011E-03 |
| A_{10} | 3.9966E-04 |
| A_{12} | -2.0375E-04 |
| A_{14} | 1.8903E-05 |
| A_{16} | 2.6231E-05 |
| A_{18} | 2.3047E-05 |
| A_{20} | -1.4876E-05 |

回折面1

| | |
|-------|-------------|
| b_2 | -7.0001E-03 |
|-------|-------------|

非球面2

| | |
|----------|---------------|
| K | -22.173426 |
| A_4 | 0.345477 |
| A_6 | -0.821245 |
| A_8 | 0.890651 |
| A_{10} | -0.391613 |
| A_{12} | -0.252257E-03 |
| A_{14} | -0.109061E-09 |
| A_{16} | -0.166822E-10 |
| A_{18} | -0.250470E-11 |
| A_{20} | -0.370377E-12 |

【0171】図2は、実施例1に係る負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図3は、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例1においては、波長405nmの第1光源11と、対物レンズ3の像側開口数NA0.85との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。本実施例においては、前記球面収差の変動を補正する手段の負レンズ5及び正レンズ4の材料として、それぞれ $\nu dN=23.8$ 、 $\nu dP=81.6$ の材料を選び、更に、対物レンズ3の光源側の面に回折面を設けることで、対物レンズ3で発生する軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、 $fN=-8.13$ (mm)、 $fP=9.48$ (mm)であり、 $f=1.765$ (mm)、 $fD=71.483$ (mm)である。

【0172】本実施例では、光源の発振波長の微小変動（以下、単に、波長変動ともいう）あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正を、以下のように行うことができる。本実施例の場合は、波長が大きくなったとき、あるいは温度が上昇したときに対物レンズ3では、補正過剰の球面収差が発生する。かかる場合、発生した球面収差を、アクチュエータ7により負レンズ5を光軸に沿って動かすことで、負レンズ5と正レンズ4の間隔を小さくすれば、補正不足の球面収差を発生させることができる。適切な量だけ負レンズ5を動かせば、補正過剰の球面収差をキャンセルすることができ、球面収差の補正結果を示す表2から明らかなように、光学系全体の球面収差は良好となる。

【表2】

実施例1

| | | | |
|----------------------------|----------------|--|--|
| 像高特性 WFE _{rms} | | Y=0 μ m Y=10 μ m | 0.004 λ (1.00mm) 0.011 λ |
| 波長特性 WFE _{rms} | +10nm -10nm | Y=0 μ m Δf_B (μ m) | 0.005 λ (0.75mm) +0.47 0.011 λ (1.27mm) -0.64 |
| 温度特性 WFE _{rms} | +30°C -30°C | Y=0 μ m | 0.008 λ (0.80mm) 0.024 λ (1.22mm) |

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0173】(実施例2)表3に、実施例2における、10に関するデータを示す。
負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3からなる光学系 【表3】

実施例2
 λ 1405nm
NA 0.85

| | | r(mm) | d(mm) | N_{d1} | νd |
|--------------|--------------|----------|-------|----------|---------|
| 1 | 球面収差補 正手段 | -6.551 | 0.800 | 1.61949 | 30.0 |
| 2 | | 5.582 | 1.000 | | |
| 3 | | 8.542 | 1.200 | 1.52524 | 56.5 |
| 4 | | -8.384 | 1.000 | | |
| 5(絞り) | | ∞ | 0.000 | | |
| 6(非球面1、回折面1) | 対物レンズ | 1.233 | 2.888 | 1.52524 | 56.5 |
| 7(非球面2) | | -0.931 | 0.384 | | |
| 8 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61949 | 30.0 |
| 9 | | ∞ | 0.000 | | |

非球面1

| | |
|----------|-------------|
| K | -6.8440E-01 |
| A_4 | 1.7085E-02 |
| A_6 | 2.4417E-03 |
| A_8 | 1.4011E-03 |
| A_{10} | 3.9888E-04 |
| A_{12} | -2.0375E-04 |
| A_{14} | 1.8903E-05 |
| A_{16} | 2.6231E-06 |
| A_{18} | 2.3047E-06 |
| A_{20} | -1.4978E-05 |

回折面1

| | |
|-------|-------------|
| b_1 | -7.0001E-03 |
|-------|-------------|

非球面2

| | |
|----------|---------------|
| K | -22.173426 |
| A_4 | 0.345477 |
| A_6 | -0.821245 |
| A_8 | 0.890651 |
| A_{10} | -0.381813 |
| A_{12} | -0.252257E-03 |
| A_{14} | -0.109061E-08 |
| A_{16} | -0.156822E-10 |
| A_{18} | 0.250470E-11 |
| A_{20} | 0.370377E-12 |

【0174】図4は、実施例2に係る負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図5は、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例2においては、波長405nmの第1光源11と、対物レンズ3の像側開口数NA0.85との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例2では、前記球面収差の変動を補正する手段の負レンズ5及び正レンズ4の材料として、それぞれ $\nu dN=30.0$ 、 $\nu dP=56.5$ の材料を選び、更に、対物レンズ3の光源側の面に回折面を設けることで、対物レンズ3で発生する軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、 $fN=-4.75$ (mm)、 $fP=6.47$ (m

m)であり、 $f=1.765$ (mm)、 $fD=71.483$ (mm)である。

【0175】本実施例での波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については、実施例1と同様なので、説明は省略する。球面収差の補正結果を示す表4から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ3及び球面収差の変動を補正する手段として、負レンズ5及び正レンズ4にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。

【表4】

実施例2

| | | | |
|--------------------|-------|---------------------------|-----------------------------------|
| 像高特性 | | $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.005\ \lambda\ (1.00\text{mm})$ |
| WFE _{rms} | | $Y=10\ \mu\text{m}$ | $0.009\ \lambda$ |
| 波長特性 | +10nm | $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.005\ \lambda\ (0.91\text{mm})$ |
| WFE _{rms} | | $\Delta f_B(\mu\text{m})$ | +1.30 |
| | -10nm | $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.009\ \lambda\ (1.10\text{mm})$ |
| | | $\Delta f_B(\mu\text{m})$ | -1.60 |
| 温度特性 | +30°C | $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.007\ \lambda\ (0.88\text{mm})$ |
| WFE _{rms} | -30°C | | $0.017\ \lambda\ (1.13\text{mm})$ |

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0176】(実施例3)表5に、実施例3における、10に関するデータを示す。
負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3からなる光学系 【表5】

実施例3

 $\lambda\ 1405\text{nm}$

NA 0.85

| | | r(mm) | d(mm) | N_{d1} | νd |
|---------|-------|----------|-------|----------|---------|
| 1 | 球面収差補 | -20.486 | 0.800 | 1.91409 | 23.8 |
| 2 | 正手段 | 14.729 | 1.000 | | |
| 3 | | 26.278 | 1.200 | 1.50717 | 81.6 |
| 4 | | -7.040 | 1.000 | | |
| 5(絞り) | | ∞ | 0.000 | | |
| 6(非球面1) | 対物レンズ | 1.225 | 2.845 | 1.52524 | 56.5 |
| 7(非球面2) | | -0.763 | 0.282 | | |
| 8 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61949 | 30.0 |
| 9 | | ∞ | 0.000 | | |

非球面1

| | |
|----------|---------------|
| K | -0.689712 |
| A_4 | 0.166009E-01 |
| A_6 | 0.209051E-02 |
| A_8 | 0.157932E-02 |
| A_{10} | 0.212509E-03 |
| A_{12} | -0.344184E-03 |
| A_{14} | 0.119417E-04 |
| A_{16} | 0.577745E-04 |
| A_{18} | 0.409189E-04 |
| A_{20} | -0.257292E-04 |

非球面2

| | |
|----------|---------------|
| K | -20.033672 |
| A_4 | 0.331327 |
| A_6 | -0.881378 |
| A_8 | 0.965015 |
| A_{10} | -0.412771 |
| A_{12} | -0.252257E-03 |
| A_{14} | -0.110756E-09 |
| A_{16} | -0.168921E-10 |
| A_{18} | -0.253030E-11 |
| A_{20} | -0.370376E-12 |

【0177】図6は、実施例3に係る負レンズ5と、正 40
レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図7
は、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例3
においては、波長405nmの第1光源11と、対物レ
ンズ3の像側開口数NA0.85との組み合わせにより
情報の記録又は再生を行うものとする。実施例3にお
いては、負レンズ5及び正レンズ4の材料として、それぞ
れ $\nu dN=23.8$ 、 $\nu dP=81.6$ の材料を選ぶこ
とで、軸上色収差を補正している。また、本実施例にお
いては、 $fN=-9.27\text{ (mm)}$ 、 $fP=11.08$

(mm)であり、 $f=1.765\text{ (mm)}$ である。

【0178】本実施例での波長変動あるいは温度変化時
の球面収差の補正は実施例1と同様なので、説明は省略
する。球面収差の補正結果を示す表6から明らかなよう
に、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好な
ものとなっている。また、対物レンズ3にプラスチック
材料を用いることで、光学系の軽量化・可動機構への負
担の軽減を図っている。

【表6】

実施例3

| | | | |
|--------------------|-------|-----------------------|----------------------------|
| 像高特性 | | $Y=0\ \mu m$ | $0.010\ \lambda\ (1.00mm)$ |
| WFE _{rms} | | $Y=10\ \mu m$ | $0.011\ \lambda$ |
| 波長特性 | +10nm | $Y=0\ \mu m$ | $0.025\ \lambda\ (0.87mm)$ |
| WFE _{rms} | | $\Delta f_B\ (\mu m)$ | +1.81 |
| | -10nm | $Y=0\ \mu m$ | $0.021\ \lambda\ (1.21mm)$ |
| | | $\Delta f_B\ (\mu m)$ | -2.03 |
| 温度特性 | +30°C | $Y=0\ \mu m$ | $0.028\ \lambda\ (0.70mm)$ |
| WFE _{rms} | -30°C | | $0.024\ \lambda\ (1.28mm)$ |

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0179】(実施例4)表7に、実施例4における、
負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3からなる光学系

に関するデータを示す。

【表7】

実施例4
 $\lambda 1$ 405nm
 $\lambda 2$ 655nm
 $NA1$ 0.85
 $NA2$ 0.65

| | | r(mm) | d(mm) | M_{21} | νd |
|--------------|---------|----------|--------|----------|---------|
| 1(非球面1) | 発散度変更手段 | -4.511 | 0.800 | 1.57849 | 30.0 |
| 2(非球面2) | 平段 | 1.432 | 1.200 | 1.52524 | 56.5 |
| 3(非球面3) | | 8.748 | 1.200 | 1.52524 | 56.5 |
| 4(非球面4) | | -4.817 | 1.700 | | |
| 5(平) | | ∞ | -0.700 | | |
| 7(非球面5、回折面1) | 対物レンズ | 1.180 | 2.516 | 1.52524 | 56.5 |
| 8(非球面6) | | -1.148 | 1.200 | 1.52524 | 56.5 |
| 9 | 透明基板 | ∞ | | 1.51849 | 30.0 |
| 10 | | ∞ | | | |

| | $\lambda 1$ | $\lambda 2$ |
|------|-------------|-------------|
| 可成面1 | 2.271 | 0.802 |
| 可成面2 | 0.405 | 0.261 |
| 可成面3 | 0.100 | 0.600 |

非球面1
 K -1.822446
 A_4 0.181843E-02
 A_6 0.153453E-02
 A_8 -0.374714E-02
 A_{10} -0.388896E-04
 A_{12} -0.482532E-12

非球面2
 K -0.25812
 A_4 -0.388218E-03
 A_6 0.335772E-03
 A_8 -0.158195E-02
 A_{10} -0.762648E-03
 A_{12} -0.413896E-09

非球面3
 K -4.378052
 A_4 -0.792719E-03
 A_6 0.100408E-02
 A_8 0.225086E-03
 A_{10} -0.135761E-03
 A_{12} -0.587062E-07
 A_{14} -0.445893E-04
 A_{16} -0.165320E-06
 A_{18} -0.865153E-06
 A_{20} 0.100818E-05

非球面4
 K -0.159857
 A_4 0.704288E-04
 A_6 0.247605E-03
 A_8 0.322371E-03
 A_{10} 0.812332E-04
 A_{12} -0.531835E-04
 A_{14} -0.338725E-04
 A_{16} 0.191316E-05
 A_{18} -0.294735E-07
 A_{20} 0.823800E-06

非球面5
 K -7.8300E-01
 A_4 2.0173E-02
 A_6 -1.8400E-03
 A_8 7.0621E-03
 A_{10} -8.8717E-04
 A_{12} -9.8434E-04
 A_{14} 6.6499E-05
 A_{16} 2.6047E-04
 A_{18} 4.7069E-05
 A_{20} -4.4529E-05

回折面1
 b_1 -1.0000E-06
 b_2 -2.3316E-03
 b_3 -7.1905E-04
 b_4 0.8120E-04
 b_{10} -3.0818E-05
 b_{12} -1.8811E-04
 b_{14} -1.0233E-04
 b_{16} 5.8750E-05
 b_{18} 2.8555E-05
 b_{20} -1.0835E-05

非球面6
 K -20.215405
 A_4 0.257833
 A_6 -0.480343
 A_8 0.288857
 A_{10} -0.118103
 A_{12} 0.467297E-02
 A_{14} 0.598218E-09
 A_{16} 0.122952E-09
 A_{18} 0.157221E-10
 A_{20} 0.192406E-11

【0180】図8、9は、第4の実施例に係る負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図10、11は、異なる光情報記録媒体に対してそれぞれ、情報の記録又は再生を行う際における、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例4においては、同一光学系を用いて、波長405nmの第1光源11と、透明基板厚0.1mmの光情報記録媒体との組み合わせ、又は波長655nmの第2光源11と、透明基板厚0.6mmの光情報記録媒体との組み合わせにより情報の記録又は再生を行う光ピックアップ装置の例である。実施例4においては、負レンズ5及び正レンズ4の

材料として、それぞれ $\nu dN=30.0$ 、 $\nu dP=56.5$ の材料を選ぶことで、軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、 $fN=-3.82$ (mm)、 $fP=6.85$ (mm)であり、 $f1=1.765$ (mm)、 $fD1=5000000.02$ (mm)である。なお、発振波長 $\lambda 2=655$ nmにおける対物レンズの焦点距離は、 $f2=1.804$ である。

【0181】実施例4においては、異なる光情報記録媒体における透明基板厚の違いに起因して発生する球面収差の変動を、光源側から順に1枚の負レンズ5、1枚の正レンズ4から構成される発散角度変更手段(本発明の

球面収差の変動を補正する手段、或いは球面収差の変動と軸上色収差とを補正する手段に相当する)の間隔を変えることで補正している。また、対物レンズ3の光源側の面に回折面を設けることで、上記球面収差をより良好に補正している。更に、光源の波長変動時や温湿度変化時の対物レンズの球面収差劣化も、発散度変更手段の間隔を変えることで良好に補正している。すなわち、表8から明らかなように、負レンズ5と正レンズ4の間隔を

適切な間隔に変更することで、基板厚変更時、波長変動時及び温湿度変化時の対物レンズ3の球面収差劣化を、良好に補正している。また、対物レンズ3及び、負レンズ5、正レンズ4にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。

【表8】

実施例4

| | | | 405nm NA 0.85 | 655nm NA 0.65 |
|----------------------------|----------------|--|--|--|
| 像高特性 WFE _{rms} | | Y=0 μ m Y=10 μ m | 0.008 λ (2.27mm) 0.025 λ | 0.008 λ (0.60mm) 0.030 λ |
| 波長特性 WFE _{rms} | +10nm | Y=0 μ m Δf_B (μ m) | 0.019 λ (2.24mm) +3.57 | 0.005 λ (0.62mm) +0.47 |
| | -10nm | Y=0 μ m Δf_B (μ m) | 0.021 λ (2.31mm) +3.57 | 0.010 λ (0.59mm) +0.47 |
| 温度特性 WFE _{rms} | +30°C -30°C | Y=0 μ m | 0.028 λ (2.15mm) 0.026 λ (2.44mm) | 0.018 λ (0.63mm) 0.006 λ (0.58mm) |

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0182】(実施例5)表9に、実施例5における、に関するデータを示す。
負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3からなる光学系 20 【表9】

実施例5
 λ_1 405nm
 λ_2 655nm
 NA_1 0.85
 NA_2 0.65

| | | r (mm) | d (mm) | N_d | ν_d |
|--------------|-------|----------|----------|---------|---------|
| 1(非球面1) | 発散度変更 | -8.096 | 1.000 | 1.61849 | 30.0 |
| 2(非球面2) | 手戻 | 8.634 | (凹面凹隔1) | | |
| 3(非球面3) | | 11.847 | 1.500 | 1.52524 | 56.5 |
| 4(非球面4) | | -8.731 | 1.800 | | |
| 5(折り) | | ∞ | -0.800 | | |
| 7(非球面5、凹折面1) | 対物レンズ | 1.979 | 4.322 | 1.52524 | 56.5 |
| 8(非球面6) | | -1.853 | (凹面凹隔2) | | |
| 9 | 透明基板 | ∞ | (凹面凹隔3) | 1.61849 | 30.0 |
| 10 | | ∞ | | | |

| | λ_1 | λ_2 |
|-------|-------------|-------------|
| 可変凹隔1 | 2.367 | 1.520 |
| 可変凹隔2 | 0.684 | 0.503 |
| 可変凹隔3 | 0.100 | 0.800 |

非球面1
 K -0.849544
 A_4 0.280023E-03
 A_6 -0.181862E-04
 A_8 -0.543678E-04
 A_{10} -0.451718E-05
 A_{12} -0.484352E-06

非球面2
 K -1.511999
 A_4 -0.295477E-03
 A_6 -0.600121E-04
 A_8 -0.938876E-06
 A_{10} -0.920091E-05
 A_{12} -0.437732E-06

非球面3
 K -1.416874
 A_4 -0.144673E-03
 A_6 -0.936888E-05
 A_8 0.682686E-06
 A_{10} 0.103813E-06
 A_{12} 0.183933E-08
 A_{14} -0.532263E-08

非球面4
 K -0.616512
 A_4 0.103046E-03
 A_6 0.200275E-05
 A_8 -0.886334E-08
 A_{10} 0.156881E-06
 A_{12} -0.106594E-07
 A_{14} 0.106582E-08

非球面5
 K -7.7750E-01
 A_4 4.5288E-03
 A_6 -1.0331E-04
 A_8 1.5430E-04
 A_{10} -7.9387E-06
 A_{12} -2.7124E-06
 A_{14} -3.5162E-08
 A_{16} 9.0281E-08
 A_{18} 6.0459E-09
 A_{20} -1.7829E-09

凹折面1
 b_2 -5.8826E-07
 b_4 -2.4794E-04
 b_6 -8.8880E-05
 b_8 1.6765E-05
 b_{10} -4.0017E-07
 b_{12} -5.8967E-07
 b_{14} -9.8524E-08
 b_{16} 2.4037E-08
 b_{18} 3.4548E-09
 b_{20} -5.1849E-10

非球面6
 K -23.140218
 A_4 0.547424E-01
 A_6 -0.325555E-01
 A_8 0.811388E-02
 A_{10} -0.845883E-03
 A_{12} 0.858378E-04
 A_{14} -0.121089E-05
 A_{16} -0.248113E-05
 A_{18} -0.112315E-05
 A_{20} 0.953156E-10

【0183】図12、13は、実施例5に係る負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図14、15は、異なる光情報記録媒体に対してそれぞれ、情報の記録又は再生を行う際における、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例5においては、同一光学系を用いて、波長405nmの第1光源11と、透明基板厚0.1mmの光情報記録媒体との組み合わせ、又は波長655nmの第2光源11と、透明基板厚0.6mmの光情報記録媒体との組み合わせにより情報の記録又は再生を行う光ピックアップ装置の例である。実施例5においては、負レンズ5及び正レンズ4の材料として、それぞれ $\nu_d N = 30.0$ 、 $\nu_d P = 5$

6.5の材料を選ぶことで、軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、 $fN = -6.59$ (mm)、 $fP = 9.85$ (mm)であり、 $f1 = 3.011$ (mm)、 $fD1 = 849964.33$ (mm)である。なお、発振波長 $\lambda_2 = 655$ nmにおける対物レンズの焦点距離は、 $f2 = 3.076$ である。

【0184】実施例4と同様に、表10から明らかなように、負レンズ5と正レンズ4の間隔を適切な間隔に変更することで、透明基板厚変更時、波長変動時及び温湿度変化時の対物レンズの球面収差劣化を、良好に補正出来る。また、対物レンズ3、負レンズ5、正レンズ4にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・可

動機構への負担の軽減を図っている。

【表 10】

実施例5

| | | | 405nm NA 0.85 | 655nm NA 0.65 |
|-----------------|----------------|--|--|--|
| 像高特性 WFE_rms | | Y=0 μ m Y=10 μ m | 0.008 λ (2.36mm) 0.021 λ | 0.001 λ (1.52mm) 0.019 λ |
| 波長特性 WFE_rms | +10nm | Y=0 μ m Δf_g (μ m) | 0.044 λ (2.35mm) +4.90 | 0.002 λ (1.57mm) +0.82 |
| | -10nm | Y=0 μ m Δf_g (μ m) | 0.045 λ (2.39mm) -5.47 | 0.002 λ (1.47mm) -0.86 |
| 温度特性 WFE_rms | +30°C -30°C | Y=0 μ m | 0.061 λ (2.22mm) 0.081 λ (2.55mm) | 0.006 λ (1.57mm) 0.004 λ (1.45mm) |

注)表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0185】尚、球面収差の変動を補正する手段としての負レンズ5に入射する光束は、上述した実施例のように平行光だけでなく、発散光あるいは収斂光であっても、本発明の光学系を同様に適用することができ。また、本実施例では図示していないが、光源と球面収差補正手段の間に、光源からの光束の発散度を変えるカップリングレンズを設けることができる。かかるカップリングレンズに回折面を付加して、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レ

ンズで発生する軸上色収差を補正できる。
【0186】本発明による光学系に用いるカップリングレンズは、上記の形態に限らず、同一出願人による特願2000-060843号にあるようなものであれば、対物レンズ3で発生する軸上色収差をより良好に補正できる。

【0187】また、上記カップリングレンズと球面収差の変動を補正する手段（負レンズ5、正レンズ4）の間に、光源からの光束の非点隔差を緩和し、球面収差補正手段にほぼ円形の光束を入射させることができるビーム

ングレンズの焦点移動により、カップリングレンズからの光束の発散度が変わって、上記ビーム整形素子により非点収差が発生してしまう。これを抑えるためには、同一出願人による特願2000-053858号にあるようなカップリングレンズを用いることで、ビーム整形素子による非点収差の発生を抑えることができる。

【0188】尚、実施例4、5において、光源波長655nm、透明基板厚0.6mmの光情報記録媒体に対する収差図は、NA0.65まで図示している。しかし、この時、対物レンズ3には光源波長405nm、NA0.85で決まる絞りを全て通過する光束が入射している。結像に寄与しないNA0.65以上の光束は、対物レンズ3に設けた回折面の効果を利用してフレア成分とすることで、情報記録面上でスポット径がしばられ過ぎず、光ピックアップ装置の受光素子での不要信号の検出を防止することが出来る。

【0189】（実施例6）表11に、実施例6における、負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3からなる光学系に関するデータを示す。

【表 11】

実施例 6
 λ 1 405nm
 NA 0.85

| | | r(mm) | d(mm) | N_{A1} | νd |
|---------------|----------|----------|-------|----------|---------|
| 1(非球面1) | 球面収差補正手段 | -5.556 | 0.800 | 1.52524 | 56.5 |
| 2(非球面2) | | 5.279 | 1.000 | | |
| 3(非球面3) | | 12.098 | 1.200 | 1.52524 | 56.5 |
| 4(非球面4, 回折面1) | | -6.085 | 1.000 | | |
| 5(鏡) | | ∞ | 0.000 | | |
| 6(非球面5) | 対物レンズ | 1.225 | 2.845 | 1.52524 | 56.5 |
| 7(非球面6) | | -0.763 | 0.292 | | |
| 8 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61949 | 30.0 |
| 9 | | ∞ | 0.000 | | |

非球面1

K -0.057258
 A_4 -0.145908E-02
 A_6 0.652770E-02
 A_8 -0.253887E-02
 A_{10} -0.322205E-02

非球面2

K 4.075934
 A_4 0.353395E-02
 A_6 -0.226920E-02
 A_8 -0.283908E-02
 A_{10} -0.304285E-03

非球面3

K 5.325081
 A_4 0.106286E-03
 A_6 -0.548795E-04
 A_8 0.147470E-03
 A_{10} 0.406608E-03
 A_{12} -0.127769E-03

非球面4

K 1.1373
 A_4 -1.4644E-03
 A_6 4.4031E-04
 A_8 2.4780E-04
 A_{10} 4.4028E-05
 A_{12} -1.3327E-05

回折面1

b_2 -1.0000E-02
 b_4 -4.9385E-04
 b_6 2.4343E-04
 b_8 1.1215E-04
 b_{10} -2.7349E-05

非球面5

K -0.699712
 A_4 0.166009E-01
 A_6 0.209051E-02
 A_8 0.157932E-02
 A_{10} 0.212509E-03
 A_{12} -0.344184E-03
 A_{14} 0.119417E-04
 A_{16} 0.577745E-04
 A_{18} 0.408189E-04
 A_{20} -0.257282E-04

非球面6

K -20.033672
 A_4 0.331327
 A_6 -0.881378
 A_8 0.965015
 A_{10} -0.412771
 A_{12} -0.252257E-03
 A_{14} -0.110756E-09
 A_{16} -0.168921E-10
 A_{18} -0.253030E-11
 A_{20} -0.370376E-12

【0190】図16は、実施例6に係る負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図17は、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例6においては、波長405nmの第1光源11と、対物レンズ3の像側開口数NA0.85との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例6においては、正レンズ4の光情報記録媒体側の面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ3の軸上色収差

を補正している。また、本実施例においては、 $fN = -5.03$ (mm)、 $fP = 6.81$ (mm)であり、 $f = 1.765$ (mm)である。

【0191】本実施例における光源波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例1と同様なので、説明は省略する。表12から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ3、負レンズ5、正レンズ4にプラスチック材料を用いることで、光学系

の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。

【表12】

実施例6

| | | | |
|--------------------|-------|-----------------------|----------------------------|
| 像高特性 | | $Y=0\ \mu m$ | $0.008\ \lambda\ (1.00mm)$ |
| WFE _{rms} | | $Y=10\ \mu m$ | $0.017\ \lambda$ |
| 波長特性 | +10nm | $Y=0\ \mu m$ | $0.009\ \lambda\ (0.94mm)$ |
| WFE _{rms} | | $\Delta f_B\ (\mu m)$ | +3.01 |
| | -10nm | $Y=0\ \mu m$ | $0.009\ \lambda\ (1.06mm)$ |
| | | $\Delta f_B\ (\mu m)$ | -3.71 |
| 温度特性 | +30°C | $Y=0\ \mu m$ | $0.005\ \lambda\ (0.93mm)$ |
| WFE _{rms} | -30°C | | $0.016\ \lambda\ (1.07mm)$ |

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0192】(実施例7)表13に、実施例7における、負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3からなる光

学系に関するデータを示す。

【表13】

実施例 7
 λ 1 405nm
 NA 0.85

| | | r(mm) | d(mm) | N_A | νd |
|---------------|-------|----------|-------|---------|---------|
| 1(非球面1) | 球面収差補 | -6.790 | 0.800 | 1.52524 | 56.5 |
| 2(非球面2) | 正手段 | 4.293 | 1.000 | | |
| 3(非球面3, 回折面1) | | 6.565 | 1.200 | 1.52524 | 56.5 |
| 4(非球面4, 回折面2) | | -10.777 | 1.000 | | |
| 5(絞り) | | ∞ | 0.000 | | |
| 6(非球面5) | 対物レンズ | 1.225 | 2.845 | 1.52524 | 56.5 |
| 7(非球面6) | | -0.763 | 0.292 | | |
| 8 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61949 | 30.0 |
| 9 | | ∞ | 0.000 | | |

非球面1

K 0.634005
 A_4 -0.804474E-03
 A_6 0.326482E-02
 A_8 -0.110780E-02
 A_{10} -0.217617E-02

非球面2

K 0.590931
 A_4 0.144067E-02
 A_6 -0.312725E-02
 A_8 -0.220735E-02
 A_{10} -0.312725E-04

非球面3

K 0.93184
 A_4 1.4794E-04
 A_6 -2.3068E-05
 A_8 3.0510E-04
 A_{10} -4.1373E-05

回折面1

b_2 -8.0000E-03
 b_4 2.6613E-04
 b_6 7.4575E-05
 b_8 -1.5801E-04
 b_{10} 4.6719E-05

非球面4

K 0.00000
 A_4 -1.1187E-03
 A_6 6.8043E-04
 A_8 3.6672E-04
 A_{10} -2.5516E-05

回折面2

b_2 -8.0000E-03
 b_4 -2.5988E-04
 b_6 3.7767E-04
 b_8 5.6699E-05
 b_{10} -4.2827E-05

非球面5

K -0.699712
 A_4 0.166009E-01
 A_6 0.209051E-02
 A_8 0.157932E-02
 A_{10} 0.212509E-03
 A_{12} -0.344184E-03
 A_{14} 0.119417E-04
 A_{16} 0.577745E-04
 A_{18} 0.409189E-04
 A_{20} -0.257292E-04

非球面6

K -20.033672
 A_4 0.331327
 A_6 -0.881378
 A_8 0.965015
 A_{10} -0.412771
 A_{12} -0.252257E-03
 A_{14} -0.110756E-09
 A_{16} -0.168921E-10
 A_{18} -0.253030E-11
 A_{20} -0.370378E-12

【0193】図18は、実施例7に係る負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図19は、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例7においては、波長405nmの第1光源11と、対物レンズ3の像側開口数NA0.85との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例7においては、正レンズ4の両面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ3の軸上色収差を補正している。

また、本実施例においては、 $fN = -4.89$ (mm)、 $fP = 5.83$ (mm)であり、 $f = 1.765$ (mm)である。

【0194】本実施例における光源波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例1と同様なので、説明は省略する。表14から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ3、負レンズ5、正レンズ4にプラスチック材料を用いることで、光学系

の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。

【表 14】

実施例 7

| | | | |
|--------------------|-------|---------------------|----------------------------|
| 像高特性 | | $Y=0\ \mu m$ | $0.008\ \lambda\ (1.00mm)$ |
| WFE _{rms} | | $Y=10\ \mu m$ | $0.017\ \lambda$ |
| 波長特性 | +10nm | $Y=0\ \mu m$ | $0.007\ \lambda\ (0.95mm)$ |
| WFE _{rms} | | $\Delta f_B(\mu m)$ | +0.83 |
| | -10nm | $Y=0\ \mu m$ | $0.010\ \lambda\ (1.05mm)$ |
| | | $\Delta f_B(\mu m)$ | -1.21 |
| 温度特性 | +30°C | $Y=0\ \mu m$ | $0.008\ \lambda\ (0.96mm)$ |
| WFE _{rms} | -30°C | | $0.019\ \lambda\ (1.05mm)$ |

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0195】(実施例 8) 表 15 に、実施例 8 における、負レンズ 5、正レンズ 4、対物レンズ 3 からなる光

学系に関するデータを示す。

【表 15】

実施例 8
 $\lambda 1$ 405nm
 NA 0.85

| | | r(mm) | d(mm) | N_d | ν_d |
|---------------|-------|----------|-------|---------|---------|
| 1(非球面1, 回折面1) | 球面収差補 | -4.181 | 0.800 | 1.52524 | 56.5 |
| 2(非球面2, 回折面2) | 正手段 | 6.136 | 1.000 | | |
| 3(非球面3, 回折面3) | | 23.371 | 1.200 | 1.52524 | 56.5 |
| 4(非球面4, 回折面4) | | -5.587 | 1.000 | | |
| 5(絞り) | | ∞ | 0.000 | | |
| 6(非球面5) | 対物レンズ | 1.225 | 2.845 | 1.52524 | 56.5 |
| 7(非球面6) | | -0.763 | 0.292 | | |
| 8 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61949 | 30.0 |
| 9 | | ∞ | 0.000 | | |

| | | |
|----------|---------------|----------------------|
| 非球面1 | | 回折面1 |
| K | -0.050435 | b_2 -5.0000E-03 |
| A_4 | -2.5616E-04 | b_4 3.7218E-04 |
| A_6 | 2.7394E-03 | b_6 -1.2852E-03 |
| A_8 | -6.0432E-04 | b_8 2.6841E-04 |
| A_{10} | -1.0412E-03 | b_{10} 1.3279E-05 |
| A_{12} | -8.5430E-4 | |
| 非球面2 | | 回折面2 |
| K | 2.6184 | b_2 -5.0000E-03 |
| A_4 | 1.4026E-03 | b_4 1.2462E-03 |
| A_6 | -9.4636E-04 | b_6 1.5780E-04 |
| A_8 | -1.0317E-03 | b_8 9.3282E-05 |
| A_{10} | -7.0065E-04 | b_{10} -2.4899E-04 |
| A_{12} | 1.5929E-04 | |
| 非球面3 | | 回折面3 |
| K | 14.820 | b_2 -5.0000E-03 |
| A_4 | 1.0852E-04 | b_4 -8.2303E-05 |
| A_6 | -2.8939E-05 | b_6 6.1288E-05 |
| A_8 | -5.0939E-05 | b_8 7.9837E-05 |
| A_{10} | 9.7674E-05 | b_{10} -5.3480E-05 |
| A_{12} | -50172E-05 | |
| 非球面4 | | 回折面4 |
| K | 0.78821 | b_2 -5.0000E-03 |
| A_4 | -7.7515E-04 | b_4 -5.1146E-04 |
| A_6 | 2.5752E-04 | b_6 6.4747E-05 |
| A_8 | 2.1177E-04 | b_8 3.7761E-05 |
| A_{10} | 2.3125E-05 | b_{10} -1.4265E-05 |
| A_{12} | -1.8246E-05 | |
| 非球面5 | | |
| K | -0.899712 | |
| A_4 | 0.166006E-01 | |
| A_6 | 0.209051E-02 | |
| A_8 | 0.157832E-02 | |
| A_{10} | 0.212505E-03 | |
| A_{12} | -0.344184E-03 | |
| A_{14} | 0.119417E-04 | |
| A_{16} | 0.577745E-04 | |
| A_{18} | 0.409186E-04 | |
| A_{20} | -0.257282E-04 | |
| 非球面6 | | |
| K | -20.033672 | |
| A_4 | 0.331327 | |
| A_6 | -0.881378 | |
| A_8 | 0.985015 | |
| A_{10} | -0.412771 | |
| A_{12} | -0.252257E-03 | |
| A_{14} | -0.110756E-09 | |
| A_{16} | -0.168921E-10 | |
| A_{18} | -0.253000E-11 | |
| A_{20} | -0.370316E-12 | |

【0196】図20は、実施例8に係る負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図21は、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例8においては、波長405nmの第1光源11と、対物レンズ3の像側開口数NA0.85との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例8においては、負レンズ5及び正レンズ4の両面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ3の軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、 $fN=-$

5.54 (mm)、 $fP=7.42$ (mm)であり、 $f=1.765$ (mm)である。

【0197】本実施例における光源長変動あるいは温度変化時の球面収差の補正については、実施例1と同様なので説明は省略する。表16から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ3、負レンズ5、正レンズ4にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。

【表16】

実施例 8

| | | | |
|----------------------------|----------------|--|--|
| 像高特性 WFE _{rms} | | Y=0 μ m Y=10 μ m | 0.009 λ (1.00mm) 0.017 λ |
| 波長特性 WFE _{rms} | +10nm | Y=0 μ m Δf_B (μ m) | 0.008 λ (0.95mm) +0.83 |
| | -10nm | Y=0 μ m Δf_B (μ m) | 0.013 λ (1.06mm) -1.21 |
| 温度特性 WFE _{rms} | +30°C -30°C | Y=0 μ m | 0.007 λ (0.92mm) 0.022 λ (1.08mm) |

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0198】(実施例9)表17に、実施例9における、負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3からなる光

【表17】

実施例 9

 λ 1405nm

NA 0.85

| | | r(mm) | d(mm) | N _d | ν_d |
|--------------|-------|----------|-------|----------------|---------|
| 1(非球面1) | 球面収差補 | -4.840 | 0.800 | 1.51949 | 30.0 |
| 2(非球面2) | 凹手段 | 5.707 | 1.000 | | |
| 3(非球面3) | | 8.857 | 1.200 | 1.52524 | 56.5 |
| 4(非球面4、回折面1) | | -5.570 | 1.000 | | |
| 5(絞り) | | ∞ | 0.000 | | |
| 6(非球面5) | 対物レンズ | 1.225 | 2.845 | 1.52524 | 56.5 |
| 7(非球面6) | | -0.763 | 0.292 | | |
| 8 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.51949 | 30.0 |
| 9 | | ∞ | 0.000 | | |

非球面1

| | |
|-----------------|---------------|
| K | 0.747423 |
| A ₄ | -0.105216E-02 |
| A ₆ | 0.183191E-02 |
| A ₈ | -0.742838E-03 |
| A ₁₀ | -0.18234E-02 |

非球面2

| | |
|-----------------|---------------|
| K | 0.205271 |
| A ₄ | 0.217538E-03 |
| A ₆ | -0.128316E-02 |
| A ₈ | -0.889776E-03 |
| A ₁₀ | -0.469138E-03 |

非球面3

| | |
|-----------------|---------------|
| K | 1.131657 |
| A ₄ | 0.241421E-03 |
| A ₆ | -0.136517E-04 |
| A ₈ | -0.539498E-04 |
| A ₁₀ | 0.314628E-04 |
| A ₁₂ | -0.478376E-04 |

非球面4

| | |
|-----------------|-------------|
| K | 0.12541 |
| A ₄ | -1.4163E-04 |
| A ₆ | 1.3196E-04 |
| A ₈ | 7.6296E-05 |
| A ₁₀ | -3.7917E-06 |
| A ₁₂ | -2.3746E-05 |

回折面1

| | |
|-----------------|-------------|
| b ₂ | -1.0000E-02 |
| b ₄ | -5.6488E-05 |
| b ₆ | 6.3393E-05 |
| b ₈ | 6.8215E-05 |
| b ₁₀ | -4.8027E-06 |

非球面5

| | |
|-----------------|---------------|
| K | -0.699712 |
| A ₄ | 0.168009E-01 |
| A ₆ | 0.209051E-02 |
| A ₈ | 0.157832E-02 |
| A ₁₀ | 0.212509E-03 |
| A ₁₂ | -0.344184E-03 |
| A ₁₄ | 0.119417E-04 |
| A ₁₆ | 0.577745E-04 |
| A ₁₈ | 0.408189E-04 |
| A ₂₀ | -0.267292E-04 |

非球面6

| | |
|-----------------|---------------|
| K | -20.033672 |
| A ₄ | 0.331327 |
| A ₆ | -0.881378 |
| A ₈ | 0.965015 |
| A ₁₀ | -0.412771 |
| A ₁₂ | -0.252257E-03 |
| A ₁₄ | -0.110756E-09 |
| A ₁₆ | -0.168921E-10 |
| A ₁₈ | -0.253030E-11 |
| A ₂₀ | -0.370376E-12 |

【0199】図22は、実施例9に係る負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図23は、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例9においては、波長405nmの第1光源11と、対物レンズ3の像側開口数NA0.85との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例9においては、正レンズ4の光情報記録媒体側の面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ3の軸上色収差を補正している。また、上記球面収差補正手段の負レン

実施例9

| | | | |
|--------------------|-------|---------------------|-------------------------|
| 像高特性 | | $Y=0\mu m$ | 0.006λ (1.00mm) |
| WFE _{rms} | | $Y=10\mu m$ | 0.016λ |
| 波長特性 | +10nm | $Y=0\mu m$ | 0.006λ (0.95mm) |
| WFE _{rms} | | $\Delta f_B(\mu m)$ | +0.65 |
| | -10nm | $Y=0\mu m$ | 0.007λ (1.05mm) |
| | | $\Delta f_B(\mu m)$ | -0.95 |
| 温度特性 | +30°C | $Y=0\mu m$ | 0.005λ (0.95mm) |
| WFE _{rms} | -30°C | $Y=0\mu m$ | 0.012λ (1.05mm) |

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0201】(実施例10) 表19に、実施例10における、負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3からなる

レンズの軸上色収差を補正している。また、本実施例においては、 $fN=-4.15$ (mm)、 $fP=5.91$ (mm) であり、 $f=1.765$ (mm) である。

【0200】本実施例における光源波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例1と同様なので、説明は省略する。表18から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ3、負レンズ5、正レンズ4にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化・可動機構への負担の軽減を図っている。

【表18】

光学系に関するデータを示す。

【表19】

実施例10
 $\lambda 1405nm$
NA 0.85

| | | r(mm) | d(mm) | N_{A1} | νd |
|---------|--------------|----------|--------|----------|---------|
| 1(非球面1) | 球面収差補 正手段 | -17.882 | 0.800 | 1.66846 | 24.3 |
| 2(非球面2) | | 7.461 | 1.500 | | |
| 3(回折面1) | | 7.218 | 1.200 | 1.52491 | 56.5 |
| 4(回折面2) | | ∞ | 2.500 | | |
| 5(絞り) | | ∞ | -1.000 | | |
| 6(非球面3) | 対物レンズ | 1.184 | 2.650 | 1.52491 | 56.5 |
| 7(非球面4) | | -0.975 | 0.355 | | |
| 8 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61949 | 30.0 |
| 9 | | ∞ | 0.000 | | |

非球面係数

非球面1

| | |
|----------|-----------------|
| K | -180.985319 |
| A_4 | $0.213341E-02$ |
| A_6 | $-0.308153E-03$ |
| A_8 | $-0.923446E-03$ |
| A_{10} | $0.434595E-03$ |

非球面2

| | |
|----------|-----------------|
| K | 6.480482 |
| A_4 | $0.303589E-02$ |
| A_6 | $-0.127523E-02$ |
| A_8 | $-0.861011E-03$ |
| A_{10} | $0.354629E-03$ |

非球面3

| | |
|----------|-----------------|
| K | -0.683354 |
| A_4 | $0.162029E-01$ |
| A_6 | $0.154908E-02$ |
| A_8 | $0.289288E-02$ |
| A_{10} | $-0.367711E-03$ |
| A_{12} | $-0.358222E-03$ |
| A_{14} | $0.148418E-03$ |
| A_{16} | $0.119803E-03$ |
| A_{18} | $-0.302302E-04$ |
| A_{20} | $-0.110520E-04$ |

非球面4

| | |
|----------|-----------------|
| K | -21.704418 |
| A_4 | 0.308021 |
| A_6 | -0.639499 |
| A_8 | 0.585364 |
| A_{10} | -0.215623 |
| A_{12} | $-0.252265E-03$ |

回折面係数

回折面1

| | |
|-------|---------------|
| b_2 | $-6.7880E-03$ |
| b_4 | $-1.2066E-04$ |

回折面2

| | |
|-------|---------------|
| b_2 | $-9.7794E-03$ |
| b_4 | $5.1838E-04$ |

【0202】図24は、実施例10に係る負レンズ5 と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図であ

る。図 25 は、対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。実施例 10 においては、波長 405 nm の第 1 光源 11 と、対物レンズ 3 の像側開口数 NA 0.85 との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例 10 においては、正レンズ 4 の両面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ 3 の軸上色収差を補正している。このとき、対物レンズ 3 と、球面収差補正手段としての負レンズ 5 及び正レンズ 4 とを合わせた合成系の軸上色収差を補正過剰とすることで、図 25 に示されているように、第 1 光源 11 の発振波長 (405 nm) の球面収差カーブと長・短波長側の球面収差カーブとを交差させている。これにより、光源のモードホップ現象や高周波重畳時の波面収差の劣化が非常に小さく、例えば、光源の発振波長が微小変動した際でも、最適書き込み位置の移動を小さく抑えることができる。さらに、球面収差補正手段としての可動要素である負レンズ 5 を両面非球面レンズとしたことで、負レンズ 5 の偏芯やトラッキングエラー時の波面収差の劣化を小さく抑えている。また、負レンズ 5 及び正レンズ 4 の材料として、それぞれ $\nu d N = 24.3$ 、 $\nu d P = 56.5$ の材料を選ぶことで、対物レンズ 3 の軸上色収差を補正しており、正レンズ 4 に付加した回折構造の負担を軽減して

実施例 10

| | | | |
|----------------------------|-------|--|-----------------------------------|
| 像高特性 WFE _{rms} | | Y=0 μ m | 0.004 λ (1.50mm) |
| | | Y=10 μ m | 0.011 λ |
| 波長特性 WFE _{rms} | +10nm | Y=0 μ m Δf_B (μ m) | 0.004 λ (1.29mm) -0.94 |
| | -10nm | Y=0 μ m Δf_B (μ m) | 0.010 λ (1.72mm) +0.82 |
| 温度特性 WFE _{rms} | +30°C | Y=0 μ m | 0.013 λ (1.26mm) |
| | -30°C | | 0.023 λ (1.76mm) |

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0205】なお、本実施例においては、図 25 には図示していないが、図 1 の実施の形態に示したように、実際の光ピックアップ装置では、光源と球面収差補正手段との間にコリメータ等のカップリングレンズが設けられている。その場合に、カップリングレンズで発生する軸上色収差も本実施例の構成によって補正することができ、色収差が良好な集光光学系を得ることができる。

【0206】更にまた、光情報記録媒体の片面に第 1 情報記録層と第 2 情報記録層との 2 つの相変化膜を設け、それぞれに情報の記録を行うことで、光情報記録媒体の記録容量を略 2 倍に高めた、いわゆる 2 層記録方式の光情報記録媒体が知られているが、本実施例のものは、そのような 2 層記録方式の光情報記録媒体に対して情報の

いる。また、本実施例においては、 $f N = -7.78$ (mm)、 $f P = 9.95$ (mm) であり、 $f = 1.765$ (mm) である。

【0203】本実施例では、光束を規制する絞りを、対物レンズ 3 の光源側の面の頂点より光情報記録媒体側に配置しているので、発散光束が入射する場合に、対物レンズ 3 の最も光源側の面の光線通過高さを小さく抑えることができる。これは、対物レンズ 3 の小径化、あるいは収差補正上も好ましい。

【0204】本実施例における光源の波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例 1 と同様なもので、説明は省略する。表 20 から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ 3、負レンズ 5、正レンズ 4 にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、可動機構への負担の軽減を図っている。また、短波長の光に対して透過率が高いプラスチック材料を用いているので、安価に大量生産でき、かつ光の利用効率の高い光学系を達成している。なお、可動機構は、本明細書中の実施例では、負レンズ 5 の変移装置及び対物レンズ 3 のフォーカシング機構である。

【表 20】

記録又は再生を行うことにも適用することができ、各情報記録層の情報記録面まで厚さの違いによって発生する球面収差を補正することができる。たとえば、光情報記録媒体の表面側から順に第 1 情報記録層、第 2 情報記録層としたすると、図 26 に示すように、球面収差補正手段としての負レンズ 5 と正レンズ 4 との間隔を小さくすることにより、第 2 情報記録層の情報記録面に対して情報の記録又は再生をすることができる。

【0207】(実施例 11) 表 21 に、実施例 11 における、負レンズ 5、正レンズ 4、対物レンズ 3 からなる光学系に関するデータを示す。

【表 21】

実施例11
 λ 1 405nm
 NA 0.85

| 面No | | r(mm) | d(mm) | N_{A1} | νd |
|----------------|----------|----------|-------|----------|---------|
| 1 (非球面1) | 球面収差補正手段 | -11.505 | 0.800 | 1.52491 | 56.5 |
| 2 (非球面2) | | 7.202 | 3.000 | | |
| 3 | | ∞ | 1.200 | 1.52491 | 56.5 |
| 4 | | -6.458 | 3.000 | | |
| 5 (絞り) | | | 0.000 | | |
| 6 (非球面3, 回折面1) | 対物レンズ | 1.258 | 2.620 | 1.52491 | 58.5 |
| 7 (非球面4) | | -1.023 | 0.330 | | |
| 8 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61950 | 30.0 |
| 9 | | ∞ | | | |

非球面係数

非球面1

$$\begin{aligned} K &= -47.861166 \\ A_4 &= 0.401592 \times 10^{-2} \\ A_6 &= 0.280827 \times 10^{-2} \\ A_8 &= 0.694294 \times 10^{-3} \\ A_{10} &= -0.493101 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

非球面3

$$\begin{aligned} K &= -7.0631 \times 10^{-1} \\ A_4 &= 1.8891 \times 10^{-2} \\ A_6 &= -1.2594 \times 10^{-3} \\ A_8 &= 4.3129 \times 10^{-3} \\ A_{10} &= -3.1523 \times 10^{-4} \\ A_{12} &= -8.1023 \times 10^{-4} \\ A_{14} &= 6.1785 \times 10^{-5} \\ A_{16} &= 1.7038 \times 10^{-4} \\ A_{18} &= -7.7915 \times 10^{-5} \\ A_{20} &= -1.8397 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

回折面係数

回折面1

$$\begin{aligned} b_2 &= -1.7601 \times 10^{-1} \\ b_4 &= -2.3203 \times 10^{-3} \\ b_6 &= -2.1892 \times 10^{-4} \\ b_8 &= -2.4765 \times 10^{-5} \\ b_{10} &= -9.4777 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

非球面2

$$\begin{aligned} K &= 11.392515 \\ A_4 &= 0.273499 \times 10^{-2} \\ A_6 &= 0.238867 \times 10^{-2} \\ A_8 &= -0.88487 \times 10^{-3} \\ A_{10} &= -0.324593 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

非球面4

$$\begin{aligned} K &= -32.230932 \\ A_4 &= 0.202088 \\ A_6 &= -0.395843 \\ A_8 &= 0.286204 \\ A_{10} &= -0.715179 \times 10^{-1} \\ A_{12} &= -0.252269 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

【0208】図27は、実施例11に係る負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図28は、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例11においては、波長405nmの第1光源11と、対物レンズ3の像側開口数NA0.85との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例11においては、対物レンズ3の光源側の面に回折面を付加し、長波長側でバックフォーカスが短くなるような回折レンズとすることで、対物レンズ3の軸上色収差を補正している。さらに、球面収差補正手段としての可動要素である負レンズ5を両面非球面レンズとしたことで、負レンズ5の偏芯やトラッキングエラー時の波面収差の劣化を小さく抑えている。また、本実施例においては、 $fN = -8.32$ (mm)、 $fP = 12.30$

(mm)であり、 $f = 1.765$ (mm)、 $fD = 28.417$ (mm)である。

【0209】本実施例における光源の波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例1と同様なので、説明は省略する。表22から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ3、負レンズ5、正レンズ4にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、可動機構への負担の軽減を図っている。また、短波長の光に対して透過率が高いプラスチック材料を用いているので、安価に大量生産でき、かつ光の利用効率の高い光学系を達成している。

【表22】

実施例11

| | | | |
|----------------------------|-------|--|-----------------------------------|
| 像高特性 WFE _{rms} | | Y=0 μ m | 0.008 λ (3.00mm) |
| | | Y=10 μ m | 0.011 λ |
| 波長特性 WFE _{rms} | +10nm | Y=0 μ m Δf_B (μ m) | 0.007 λ (3.01mm) +0.12 |
| | -10nm | Y=0 μ m Δf_B (μ m) | 0.009 λ (2.99mm) -0.36 |
| 温度特性 WFE _{rms} | +30°C | Y=0 μ m | 0.016 λ (2.80mm) |
| | -30°C | Y=0 μ m | 0.029 λ (3.21mm) |

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0210】(実施例12) 表23に、実施例12における、負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3からなる

光学系に関するデータを示す。

【表23】

実施例12

$\lambda 1$ 405nm

NA1 0.85

$\lambda 2$ 655nm

NA2 0.65

| 面No | | r(mm) | d(mm) | N _{d1} | v d |
|----------------|----------|----------|---------|-----------------|------|
| 1 (非球面1) | | -14.461 | 1.000 | 1.52491 | 56.5 |
| 2 (非球面2) | 球面収差補正手段 | 4.468 | (可変間隔1) | | |
| 3 (非球面3) | | 5.518 | 1.500 | 1.52491 | 56.5 |
| 4 | | ∞ | 1.700 | | |
| 5 (絞り) | | | -0.700 | | |
| 3 (非球面4, 回折面1) | 対物レンズ | 1.203 | 2.497 | 1.52491 | 56.5 |
| 4 (非球面5) | | -1.207 | (可変間隔2) | | |
| 5 | 透明基板 | ∞ | (可変間隔3) | 1.61850 | 30.0 |
| 6 | | ∞ | | | |

非球面係数

非球面1

$K = -303.128595$

$A_4 = 0.708268 \times 10^{-2}$

$A_6 = 0.189289 \times 10^{-1}$

$A_8 = 0.190213 \times 10^{-1}$

$A_{10} = 0.271581 \times 10^{-2}$

非球面2

$K = 3.803233$

$A_4 = 0.588950 \times 10^{-2}$

$A_6 = 0.167384 \times 10^{-1}$

$A_8 = 0.113857 \times 10^{-1}$

$A_{10} = 0.615860 \times 10^{-3}$

非球面3

$K = 1.637827$

$A_4 = 0.395830 \times 10^{-2}$

$A_6 = 0.115428 \times 10^{-1}$

$A_8 = 0.543755 \times 10^{-3}$

$A_{10} = 0.885518 \times 10^{-4}$

非球面4

$K = 6.8335 \times 10^{-1}$

$A_4 = 1.6203 \times 10^{-2}$

$A_6 = 1.5491 \times 10^{-3}$

$A_8 = 2.8929 \times 10^{-3}$

$A_{10} = 3.6771 \times 10^{-4}$

$A_{12} = 3.5822 \times 10^{-4}$

$A_{14} = 1.4842 \times 10^{-4}$

$A_{16} = 1.1980 \times 10^{-4}$

$A_{18} = 3.0230 \times 10^{-5}$

$A_{20} = 1.1052 \times 10^{-5}$

非球面5

$K = -26.275787$

$A_4 = 0.291992$

$A_6 = -0.513328$

$A_8 = 0.415634$

$A_{10} = 0.137436$

$A_{12} = -0.252285 \times 10^{-3}$

回折面係数

回折面1

$b_2 = 1.1002 \times 10^{-2}$

$b_4 = 1.9824 \times 10^{-3}$

$b_6 = 3.3680 \times 10^{-4}$

$b_8 = 6.6881 \times 10^{-5}$

$b_{10} = 4.2391 \times 10^{-6}$

$b_{12} = 2.2319 \times 10^{-6}$

$b_{14} = 2.3482 \times 10^{-6}$

$b_{16} = 9.2757 \times 10^{-8}$

| | $\lambda 1$ | $\lambda 2$ |
|---------|-------------|-------------|
| (可変間隔1) | 4.000 | 0.335 |
| (可変間隔2) | 0.377 | 0.200 |
| (可変間隔3) | 0.100 | 0.600 |

【0211】図29、30は、実施例12に係る負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図31、32は、異なる光情報記録媒体に対してそれぞれ、情報の記録又は再生を行う際における、対物

レンズ3にかかる球面収差図である。実施例12においては、同一光学系を用いて、波長405nmの第1光源11と、透明基板厚0.1mmの光情報記録媒体との組み合わせ、又は波長655nmの第2光源11と、透明

基板厚 0.6 mm の光情報記録媒体との組み合わせにより情報の記録又は再生を行う光ピックアップ装置の例である。実施例 12 においては、対物レンズ 3 の光源側の面に回折構造を設けることにより、透明基板厚の違いにより発生する球面収差および色の球面収差とを補正している。具体的には、球面収差補正手段としての負レンズ 5 が光軸方向に動かすことで、光情報記録媒体の透明基板厚に対応して対物レンズ 3 に入射される光束の発散角を変えることにより行う。また、本実施例においては、 $fN = -6.39$ (mm)、 $fP = 10.51$ (mm) であり、 $f1 = 1.765$ (mm)、 $fD1 = 45.46$ (mm) である。なお、発振波長 $\lambda = 655$ nm における対物レンズの焦点距離は、 $f2 = 1.79$ であ

実施例 12

| | | | 405nm NA 0.85 | 655nm NA 0.85 |
|----------------------------|-------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 像高特性 WFE _{rms} | | Y=0 μ m | 0.005 λ (4.00mm) | 0.002 λ (0.33mm) |
| | | Y=10 μ m | 0.033 λ | 0.014 λ |
| 波長特性 WFE _{rms} | +10nm | Y=0 μ m | 0.011 λ (4.01mm) | 0.002 λ (0.35mm) |
| | | Δf_b (μ m) | +1.45 | -1.28 |
| | -10nm | Y=0 μ m | 0.007 λ (3.99mm) | 0.003 λ (0.32mm) |
| | | Δf_b (μ m) | -1.28 | +1.28 |
| 温度特性 WFE _{rms} | +30°C | Y=0 μ m | 0.016 λ (3.85mm) | 0.005 λ (0.33mm) |
| | -30°C | | 0.026 λ (4.17mm) | 0.004 λ (0.34mm) |

注) 表中カッコ内の数字は球面収差補正手段、および発散度変更手段の負・正レンズ間の間隔を表す

【0213】尚、実施例 4、5 と同様に、光源波長 655 nm、透明基板厚 0.6 mm の光情報記録媒体に対する NA 0.65 以上の光束は、対物レンズ 3 に設けた回折面の効果を利用してフレア成分とすることで、情報記録面上でスポット径がしぼられ過ぎず、光ピックアップ装置の受光素子での不要信号の検出を防止することが出

る。

【0212】本実施例における光源の波長変動あるいは温度変化時の球面収差の変動の補正については実施例 1 と同様なので、説明は省略する。表 24 から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時の球面収差は良好なものとなっている。また、対物レンズ 3、負レンズ 5、正レンズ 4 にプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、可動機構への負担の軽減を図っている。また、短波長の光に対して透過率が高いプラスチック材料を用いているので、安価に大量生産でき、かつ光の利用効率の高い光学系を達成している。

【表 24】

【0214】(実施例 13) 表 25 に、実施例 13 における、カップリングレンズ 21 又はカップリングレンズ 15、21 に対応するコリメータ、負レンズ 5、正レンズ 4、対物レンズ 3 からなる光学系に関するデータを示す。

【表 25】

95
実施例13
 λ 1405nm
NA 0.85

| 面No | | r(mm) | d(mm) | N_{d1} | ν_d |
|---------|--------|----------|--------|----------|---------|
| | 光源 | | 11.450 | | |
| 1(非球面1) | カップリング | 19.575 | 1.200 | 1.52491 | 56.5 |
| 2(非球面2) | レンズ | -9.091 | d2(可変) | | |
| 3(非球面3) | | -7.656 | 0.800 | 1.52491 | 56.5 |
| 4(非球面4) | 球面収差 | 21.842 | d4(可変) | | |
| 5(回折面1) | 補正手段 | ∞ | 1.200 | 1.52491 | 56.5 |
| 6(回折面2) | | -22.590 | 2.500 | | |
| 7(絞り) | | ∞ | 0.000 | | |
| 8(非球面5) | 対物レンズ | 1.194 | 2.850 | 1.52491 | 56.5 |
| 9(非球面6) | | -0.975 | 0.355 | | |
| 10 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61848 | 30.0 |
| 11 | | ∞ | 0.000 | | |

非球面係数

非球面1

| | |
|----------|---------------|
| K | 117.804675 |
| A_4 | 0.329240E-02 |
| A_6 | -0.182464E-02 |
| A_8 | 0.140707E-02 |
| A_{10} | -0.640870E-03 |

非球面2

| | |
|----------|---------------|
| K | -6.746782 |
| A_4 | 0.111141E-02 |
| A_6 | 0.282880E-02 |
| A_8 | -0.449522E-03 |
| A_{10} | -0.118579E-03 |

非球面3

| | |
|----------|---------------|
| K | -19.770711 |
| A_4 | -0.749547E-03 |
| A_6 | 0.187767E-02 |
| A_8 | 0.123312E-03 |
| A_{10} | 0.333580E-03 |

非球面4

| | |
|----------|---------------|
| K | 105.955239 |
| A_4 | 0.446828E-02 |
| A_6 | -0.226237E-02 |
| A_8 | 0.112349E-02 |
| A_{10} | 0.112685E-03 |

非球面5

| | |
|----------|---------------|
| K | -0.683354 |
| A_4 | 0.182029E-01 |
| A_6 | 0.154909E-02 |
| A_8 | 0.289288E-02 |
| A_{10} | -0.367711E-03 |
| A_{12} | -0.358222E-03 |
| A_{14} | 0.148419E-03 |
| A_{16} | 0.119603E-03 |
| A_{18} | -0.302302E-04 |
| A_{20} | -0.110520E-04 |

非球面6

| | |
|----------|---------------|
| K | -21.704418 |
| A_4 | 0.308021 |
| A_6 | -0.639499 |
| A_8 | 0.585364 |
| A_{10} | -0.215823 |
| A_{12} | -0.252265E-03 |

回折面係数

回折面1

| | |
|-------|-------------|
| b_2 | -1.0609E-02 |
| b_4 | -6.4682E-04 |

回折面2

| | |
|-------|-------------|
| b_2 | -1.6184E-02 |
| b_4 | 5.9162E-04 |

【0215】図33は、実施例13に係るコリメータ、負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。図34は、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例13においては、波長405nmの第1光源11と、対物レンズ3の像側開口数NA0.85との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例13においては、球面収差補正手段中の負レンズ5を光軸方向に沿って変移することで、対物レンズ3に入射する光束の発散角を変化させ、集光光学系（コリメータ及び対物レンズ3）の各光学面で発生する球面収差の変動を補正するようにした。また、本実施例においては、 $fN = -10.71$ (mm)、 $fP = 13.18$ (mm) であり、 $f = 1.765$ (mm) である。

【0216】また、正レンズ4の両面に回折面を付加し、球面収差補正手段自体では集光光学系の光学面で発生する軸上色収差とは逆の極性の軸上色収差を発生させ

ることで、集光光学系の光学面で発生する軸上色収差を補正し、情報記録面上に焦点を結んだときの波面の軸上色収差を良好にした。本実施例の集光光学系において、その光学素子であるコリメータと対物レンズ3で発生する軸上色収差量をそれぞれ $\Delta fB1$ 、 $\Delta fB2$ として、その比を概略的に求めてみたところ、コリメータの焦点距離は12mm、球面収差補正手段の倍率は1.23倍、対物レンズの諸点距離は1.765mmであるので、 $\Delta fB1 / \Delta fB2 = 1/30$ となる。すなわち、球面収差補正手段で発生させる逆極性の軸上色収差の絶対値を対物レンズで発生する軸上色収差の絶対値とほぼ同じにすると、情報記録面上に焦点を結んだときの波面の軸上色収差を良好にできる。このとき、集光光学系と、球面収差補正手段としての負レンズ5及び正レンズ4とを合わせた合成系の軸上色収差を補正過剰とすることで、図34に示されているように、第1光源11の発振波長(405nm)の球面収差カーブと長・短波長側

の球面収差カーブとを交差させている。これにより、光源のモードホップ現象や高周波重畳時の波面収差の劣化が非常に小さく、例えば、光源の発振波長が微小変動した際でも、最適書き込み位置の移動を小さく抑えることができる。さらに、球面収差補正手段中の可動要素である負レンズ5を両面非球面レンズとしたことで、負レンズ5の偏芯やトラッキングエラー時の波面収差の劣化を小さく抑えている。

【0217】表26から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時等、様々な要因により集光光学系の各

光学面で発生する球面収差の変動を補正でき、良好な球面収差となっている。また、集光光学系を構成するコリメータ及び対物レンズ3、および球面収差補正手段を構成する負レンズ5及び正レンズ4の全てをプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、可動機構への負担の軽減を図っている。また、短波長の光に対して透過率が高いプラスチック材料を用いているので、安価に大量生産でき、かつ光の利用効率の高い光学系を達成している。

実施例13

| 球面収差変動の原因 | | 補正後の波面収差 | d2(可変) | d4(可変) |
|---|--|---------------------------|--------|--------|
| 基準状態 ($\lambda=405\text{nm}$, $T=25^\circ\text{C}$) | $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.003\ \lambda$ | 3.000 | 1.500 |
| | $Y=10\ \mu\text{m}$ | $0.011\ \lambda$ | | |
| 波長特性 WFE _{rms} | +10nm $Y=0\ \mu\text{m}$ $\Delta f_g(\mu\text{m})$ | $0.005\ \lambda$ -0.90 | 3.338 | 1.184 |
| | -10nm $Y=0\ \mu\text{m}$ $\Delta f_g(\mu\text{m})$ | $0.009\ \lambda$ +0.88 | 2.623 | 1.877 |
| 温度特性(注) WFE _{rms} | +30°C $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.007\ \lambda$ | 3.363 | 1.137 |
| | -30°C $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.019\ \lambda$ | 2.587 | 1.913 |

(注)温度変化時の光源の発振波長変化量 $\Delta\lambda = +0.05\text{nm}/^\circ\text{C}$

【0218】なお、本実施例においては、球面収差補正手段中の負レンズ5を変移可能としたが、正レンズ4を変移可動としても良く、また、両レンズを変移可能としても、同様に集光光学系の球面収差の変動を補正することができる。また、本実施例においては、球面収差補正手段中の正レンズ4に設けた回折構造により集光光学系と球面収差補正手段の軸上色収差を補正するようにしたが、回折構造を他のレンズの面に設けてもよく、他に回

折構造を設けた面を有する光学素子を別途付加してもよい。

【0219】(実施例14)表27に、実施例14における、カップリングレンズ15、負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3からなる光学系に関するデータを示す。

【表27】

実施例 14
 λ 1405nm
 NA 0.85

| 面No | | r(mm) | d(mm) | N_{d1} | ν_d |
|---------|--------|----------|--------|----------|---------|
| 1 | 光源 | | 9.300 | | |
| 2(非球面1) | カップリング | ∞ | 1.000 | 1.52491 | 56.5 |
| 3(非球面2) | レンズ | -10.078 | d2(可変) | | |
| 4 | | -7.701 | 0.800 | 1.52491 | 56.5 |
| 5(回折面1) | 球面収差 | ∞ | d4(可変) | | |
| 6(回折面2) | 補正手段 | ∞ | 1.200 | 1.52491 | 56.5 |
| 7(絞り) | | -15.928 | 2.500 | | |
| 8(非球面3) | | ∞ | 0.000 | | |
| 9(非球面4) | 対物レンズ | 1.194 | 2.850 | 1.52491 | 56.5 |
| 10 | | -0.875 | 0.355 | | |
| 11 | 透明基板 | ∞ | 0.100 | 1.61949 | 30.0 |
| | | ∞ | 0.000 | | |

非球面係数

非球面1

| | |
|----------|---------------|
| K | 18.245912 |
| A_4 | -0.281317E-02 |
| A_6 | 0.530301E-02 |
| A_8 | -0.297176E-02 |
| A_{10} | 0.962649E-03 |

非球面2

| | |
|----------|---------------|
| K | -5.052328 |
| A_4 | -0.433879E-02 |
| A_6 | 0.267506E-02 |
| A_8 | -0.141281E-02 |
| A_{10} | 0.388234E-03 |

非球面3

| | |
|----------|---------------|
| K | -0.883354 |
| A_4 | 0.162028E-01 |
| A_6 | 0.154908E-02 |
| A_8 | 0.289288E-02 |
| A_{10} | -0.387711E-03 |
| A_{12} | -0.358222E-03 |
| A_{14} | 0.148419E-03 |
| A_{16} | 0.119603E-03 |
| A_{18} | -0.302302E-04 |
| A_{20} | -0.110520E-04 |

非球面4

| | |
|----------|---------------|
| K | -21.704418 |
| A_4 | 0.308021 |
| A_6 | -0.639499 |
| A_8 | 0.585364 |
| A_{10} | -0.215823 |
| A_{12} | -0.252265E-03 |

回折面係数

回折面1

| | |
|-------|-------------|
| b_2 | -1.1850E-02 |
| b_4 | -3.7111E-04 |

回折面2

| | |
|-------|-------------|
| b_2 | -1.5129E-02 |
| b_4 | 3.5690E-04 |

【0220】図35は、実施例14に係るカップリングレンズ15、負レンズ5と、正レンズ4と、対物レンズ3の光学系構成図である。本実施例のカップリングレンズ15は、第1光源11からの強い発散光束を弱い発散光束とする機能を有している。図36は、対物レンズ3にかかる球面収差図である。実施例14においては、波長405nmの第1光源11と、対物レンズ3の像側開口数NA0.85との組み合わせにより情報の記録又は再生を行うものとする。実施例14においては、球面収差補正手段中の負レンズ5を光軸方向に沿って変移することで、対物レンズ3に入射する光束の発散角を変化させ、集光光学系（カップリングレンズ15及び対物レンズ3）の各光学面で発生する球面収差の変動を補正するようにした。また、本実施例においては、 $fN=-1.4.67$ (mm)、 $fP=11.66$ (mm) であり、 $f=1.765$ (mm) である。

【0221】また、正レンズ4の両面に回折面を付加し、球面収差補正手段自体では集光光学系の光学面で発生する軸上色収差とは逆の極性の軸上色収差を発生させることで、集光光学系の光学面で発生する軸上色収差を補正し、情報記録面上に焦点を結んだときの波面の軸上色収差を良好にした。このとき、集光光学系と、球面収

差補正手段としての負レンズ5及び正レンズ4とを合わせた合成系の軸上色収差を補正過剰とすることで、図36に示されているように、第1光源11の発振波長（405nm）の球面収差カーブと長・短波長側の球面収差カーブとを交差させている。これにより、光源のモードホップ現象や高周波重畳時の波面収差の劣化が非常に小さく、例えば、光源の発振波長が微小変動した際でも、最適書き込み位置の移動を小さく抑えることができる。

【0222】表28から明らかなように、波長変動時あるいは温度変化時等、様々な要因により集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正でき、良好な球面収差となっている。また、集光光学系を構成するカップリングレンズ15及び対物レンズ3、および球面収差補正手段を構成する負レンズ5及び正レンズ4の全てをプラスチック材料を用いることで、光学系の軽量化、可動機構への負担の軽減を図っている。また、短波長の光に対して透過率が高いプラスチック材料を用いているので、安価に大量生産でき、かつ光の利用効率の高い光学系を達成している。さらに、本実施例においては、球面収差補正手段への入射光を弱い発散光束としたので、カップリングレンズ15のパワーおよび球面収差補正手段中の負レンズ5のパワーが小さくてすみ、それぞれのレ

レンズの偏芯による波面収差の劣化を小さく抑えることができた。

【表 28】

実施例 14

| 球面収差変動の原因 | | | 補正後の波面収差 | d2(可変) | d4(可変) |
|---|-------|---------------------------|------------------|--------|--------|
| 基準状態 ($\lambda=405\text{nm}$, $T=25^\circ\text{C}$) | | $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.004\ \lambda$ | 3.000 | 1.500 |
| | | $Y=10\ \mu\text{m}$ | $0.012\ \lambda$ | | |
| 波長特性 WFE_{rms} | +10nm | $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.003\ \lambda$ | 3.308 | 1.192 |
| | | $\Delta f_g(\mu\text{m})$ | -0.91 | | |
| | -10nm | $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.007\ \lambda$ | 2.858 | 1.842 |
| | | $\Delta f_g(\mu\text{m})$ | +0.75 | | |
| 温度特性(注) WFE_{rms} | +30°C | $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.008\ \lambda$ | 3.338 | 1.162 |
| | -30°C | $Y=0\ \mu\text{m}$ | $0.016\ \lambda$ | 2.622 | 1.878 |

(注)温度変化時の光源の発振波長変化量 $\Delta\lambda = +0.05\text{nm}/^\circ\text{C}$

【0223】なお、本実施例においては、球面収差補正手段中の負レンズ5を変移可能としたが、正レンズ4を変移可動としても良く、また、両レンズを変移可能としても、同様に集光光学系の球面収差の変動を補正することができる。また、本実施例においては、球面収差補正手段中の正レンズ4に設けた回折構造により集光光学系と球面収差補正手段の軸上色収差を補正するようにしたが、回折構造を他のレンズの面に設けてもよく、他に回折構造を設けた面を有する光学素子を別途付加してもよい。

【0224】以上に例示した各実施例は、球面収差補正手段として、ビームエキスパンダーを用いたものであり、そのビームエキスパンダーとしては、変移可能な単玉負レンズと、単玉正レンズとから構成した例を示したが、勿論、それに限定されるものではなく、複数のレンズからなる2群又はそれ以上のレンズ群からなる構成であってもよく、本発明を逸脱しない限り、種々の変更が可能である。

【0225】図37は、異なる実施の形態にかかる光学系を示す図である。カップリングレンズCLと、対物レンズOLとの間に、球面収差の変動を補正する素子SEを挿入している。かかる光学系は、図1の負レンズ5、正レンズ4、対物レンズ3と置換されて用いられることができる。

【0226】素子SEは、4枚のガラス板SE4の間に、カップリングレンズCL側からX方向液晶素子SE1、1/2波長板SE2、Y方向液晶素子SE3をそれぞれ挟んでいる。両液晶素子SE1、SE2を電氣的に駆動させることによって、球面収差の変動の補正が可能である。更に、カップリングレンズCLにおける対物レンズ側の面に、輪帯状の回折構造(不図示)を設けることで、対物レンズOLで発生する軸上色収差とは逆位相の色収差、すなわち短波町側ではオーバー、長波長側ではアンダーな軸上色収差を発生させることができる。その結果、軸上色収差がキャンセルされるので、球面収差の変動を補正する素子SEと対物レンズOLとを透過して、光情報記録媒体(不図示)上に焦点を結んだときの波面は、軸受色収差が小さく抑えられた状態となる。

【0227】図38は、本実施の形態の変形例にかかる光学系を示す図である。図38においては、対物レンズ

OLと、球面収差の変動を補正する素子SEは、図37に示す実施の形態と同一であるので説明を省略する。図38においては、カップリングレンズCLが、負レンズCL1と正レンズCL2とを張り合わせた構成となっており、負レンズCL1のアッペ数 νdN と、正レンズCL2のアッペ数 νdP とは、 $\nu dN < \nu dP$ なる関係が成立している。

【0228】このように負レンズCL1と正レンズCL2のアッペ数を調整することで、対物レンズOLで発生する軸上色収差とは逆位相の色収差、すなわち短波町側ではオーバー、長波長側ではアンダーな軸上色収差を発生させることができる。その結果、軸上色収差がキャンセルされるので、球面収差の変動を補正する素子SEと対物レンズOLとを透過して、光情報記録媒体(不図示)上に焦点を結んだときの波面は、軸受色収差が小さく抑えられた状態となる。

【0229】図39は、本実施の形態の光ピックアップ装置に使用可能な対物レンズ3'を模式的に示した断面図(a)及び光源側から見た正面図(b)である。〔一点鎖点は光軸を示している。〕

【0230】この対物レンズ3'は、異なる光情報記録媒体の透明基板の厚さの違いによる球面収差変動の補正を行うことができるものである。図36において、光源側の屈折面S1及び光ディスク側の屈折面S2は共に非球面形状を呈した正の屈折力を有する凸レンズである。また、対物レンズの光源側の屈折面S1は、光軸と同心状に4つの分割面b1~b4から構成されている。分割面の境界は段差を設けて、それぞれの分割面を形成している。それに伴って、対物レンズの球面収差及び波面収差は上記境界部分に該当する箇所段差を生じている。

【0231】通常の対物レンズでは、異なる光情報記録媒体の透明基板厚さの違いによる球面収差発生は避けられない。しかしながら、本実施の形態に使用される対物レンズ3'では完全な球面収差補正は出来ないものの、次に説明するように、かかる収差をより緩和するように設計されている。

【0232】まず、第1の光情報記録媒体に対して情報の再生及び/又は記録を行う場合、最良像面位置において波面収差の球面収差成分が $0.05\lambda\text{rms}$ 以内にできるように屈折面S1及び屈折面S2を設計する。これ

により設計された屈折面 S1 を第 1 分割面 b1 及び第 4 分割面 b4 に適用する。そして透明基板厚さ $t3$ ($t1 \leq t3 \leq t2$) で最良像面位置において波面収差の球面収差成分が $0.05\lambda_{rms}$ 以内になるように、前記屈折面 S2 を変数とせず新たな屈折面 S1' を設計する。

【0233】この屈折面 S1' を第 2 分割面 b2 及び第 3 分割面 b3 とするのであるが、透明基板厚さ $t3$ で最適化しているので、第 1 の光ディスク 10 使用時に、第 1 分割面 b1 と第 4 分割面 b4 のつくる最良像面位置とは異なる位置に最良像面位置を見かけ上形成する。しかしながら、その波面収差は、分割面内での波面収差の傾きを変化させ、例えば第 1 の光情報記録媒体（例えば DVD よりも高密度・大容量の次世代光ディスク）では右肩下がりの波面収差となり、第 2 の光情報記録媒体（例えば DVD）では逆に若干の右肩上がりとなる。このような分割面を 2 つ以上屈折面 S1 に一部設ける事で、異なる光情報記録媒体における波面収差両立が容易となる。

【0234】これらの各分割面の境界位置や分割面の軸上厚を適宜設計することで、DVD よりも高密度・大容量の次世代光ディスクではビームスポット最小錯乱円位置及び DVD では前ピン位置それぞれにおいて波面収差補正が可能となる。すなわち、DVD よりも高密度・大容量の次世代光ディスクでは対物レンズによりビームスポット最小錯乱円位置に集光して第 1～4 光束 LB1～LB4 内の光線は、前記最小錯乱円位置においてほぼ波長 λ の整数倍、すなわち $mi\lambda$ (mi は整数で $i = 1, 2, \dots, k$) の波面収差を有する。

【0235】また、DVD では必要開口数 NA2 が NA1 よりも小さいため、第 1～4 光束 LB1～LB4 をすべて有効活用しなくてもよく、本実施の形態の光ピックアップ装置では、第 1～3 光束 LB1～LB3 内の光線が、前記前ピン位置においてほぼ波長 λ の整数倍 $ni\lambda$ (ni は整数で $i = 1, 2, \dots, k$) の波面収差を有する。第 4 光束 LB4 は DVD の場合不要光であり、光ディスクの記録面上ではメインのスポット光から間隔をおいた場所にフレアとして照射する。このフレアはメインスポット光に対して十分に小さいので、絞り 8 を DVD よりも高密度・大容量の次世代光ディスクの必要開口数相当にしておくだけで、絞り 8 の開口数を変える手段を必要とせずに DVD 再生が可能となる。勿論、DVD 使用時に第 4 光束 LB4 を遮蔽する機能を持つ絞り 8 を用いてもよい。

【0236】従って本実施例の光ピックアップ装置は、4 つの分割面 b1～b4 を設けてはいるが、従来技術の対物レンズと異なり、各ディスクにおいて焦点位置を複数持たないので、スポット光量損失を少なくできる。そして、各光ディスク使用時に必要開口数内の光線の波面収差をほぼ波長整数倍としており、必要開口数内

を通った光束が互いに干渉して強め合うためスポット光の中心強度を高め、結果として光ディスクから充分な反射光量が得られ、互換性のある光ピックアップ装置として安定した動作が可能となる。

【0237】なお、本実施例においては、対物レンズに 4 つの分割面を設けたが、基本的には 3 つの分割面となるような、入射光束を実質的に 3 つの光束に分割する 3 つの部分をもつ対物レンズを本発明の対物レンズに用いることもできる。たとえば、少なくとも 1 面に、光軸側からその外周に向かって順に、屈折作用により光源から出射された光束を複数の光束に分割する、少なくとも第 1 の部分、第 2 の部分及び第 3 の部分を有し、その第 1 の部分及び第 3 の部分は、透明基板厚 $t1$ の第 1 の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように、光源からの光束をその情報記録面上に集光可能であり、また、その第 1 の部分及び第 2 の部分は、透明基板厚 $t2$ ($t1 < t2$) の第 2 の光情報記録媒体の情報記録面に対して情報の記録または再生を行うことができるように、光源からの光束を情報記録面上に集光可能であるように構成された、良く知られた対物レンズである。

【0238】以上述べた本実施の形態によれば、半導体レーザのモードホップに起因する球面収差の変動を効果的に補正できる光ピックアップ装置及び光学系、温度・湿度変化等に起因する対物レンズの球面収差の変動を効果的に補正できる光ピックアップ装置及び光学系、短波長レーザと高 NA 対物レンズとを備え、異なる光情報記録媒体に対して情報の記録又は再生を行える光ピックアップ装置を提供することが出来る。なお、本発明は勿論、以上の実施の形態や種々の実施例に限定されるものではない。

【0239】

【発明の効果】本発明によれば、光ピックアップ装置において、球面収差の変動を効果的に補正できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本実施の形態にかかる光ピックアップ装置の概略構成図である。

【図 2】実施例 1 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 3】実施例 1 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 4】実施例 2 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 5】実施例 2 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 6】実施例 3 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 7】実施例 3 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 8】実施例 4 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、

対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 9】実施例 4 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 10】実施例 4 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 11】実施例 4 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 12】実施例 5 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 13】実施例 5 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 14】実施例 5 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 15】実施例 5 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 16】実施例 6 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 17】実施例 6 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 18】実施例 7 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 19】実施例 7 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 20】実施例 8 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 21】実施例 8 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 22】実施例 9 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 23】実施例 9 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 24】実施例 10 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 25】実施例 10 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 26】実施例 10 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 27】実施例 11 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 28】実施例 11 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 29】実施例 12 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 30】実施例 12 に係る負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 31】実施例 12 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 32】実施例 12 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 33】実施例 13 に係るコリメータと、負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 34】実施例 13 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 35】実施例 14 に係るコリメータと、負レンズ 5 と、正レンズ 4 と、対物レンズ 3 の光学系構成図である。

【図 36】実施例 14 の光学系に係る対物レンズ 3 にかかる球面収差図である。

【図 37】異なる実施の形態にかかる光学系を示す図である。

【図 38】本実施の形態の変形例にかかる光学系を示す図である。

【図 39】本実施の形態の光ピックアップ装置に使用可能な対物レンズ 3' を模式的に示した断面図 (a) 及び光源側から見た正面図 (b) である。

【符号の説明】

3 対物レンズ 4 正レンズ 5 負レンズ 6 対物レンズのアクチュエータ 7 負レンズのアクチュエータ 8 絞り 9 シリンドリカルレンズ 11 第 1 光源 12 第 2 光源 15 カップリングレンズ 16 凹レンズ 17 ホログラム 21 カップリングレンズ 41、42 光検出器 62 ビームスプリッタ 71、72 1/4 波長板

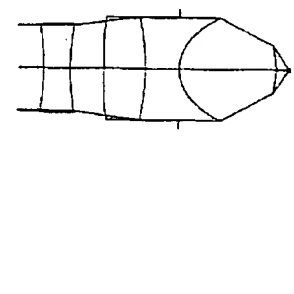
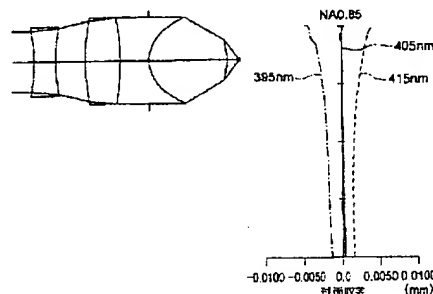
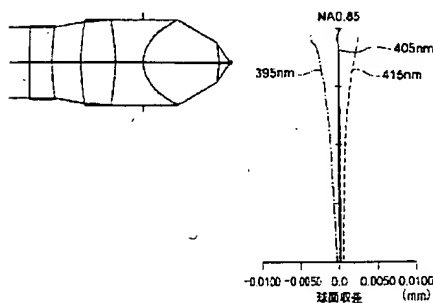
【図 2】

【図 3】

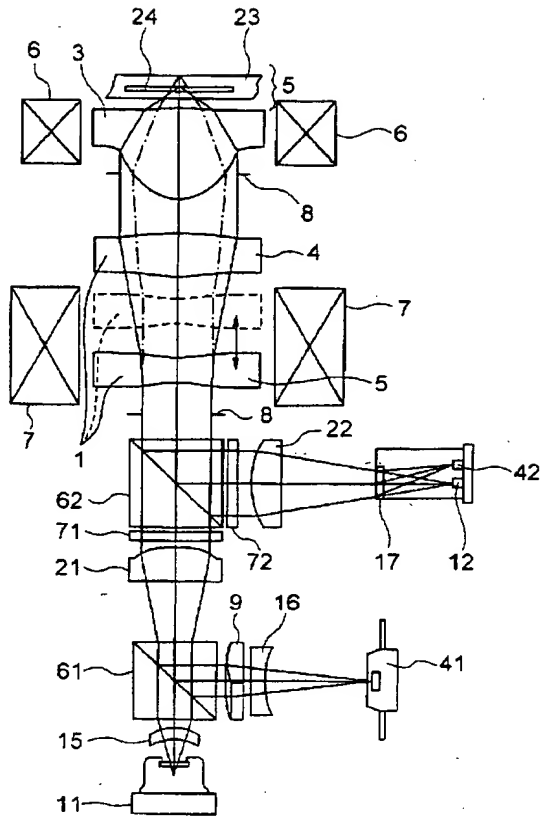
【図 4】

【図 5】

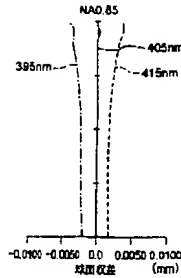
【図 6】



【図 1】

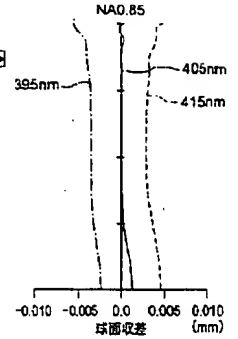


【図 7】



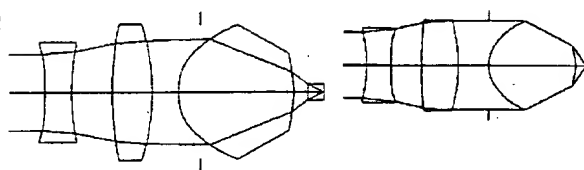
【図 8】

【図 10】



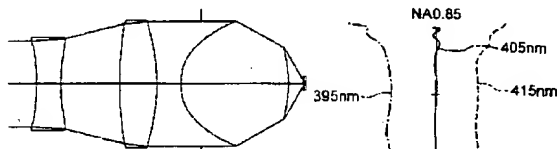
【図 12】

【図 16】



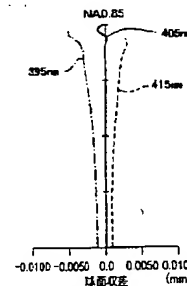
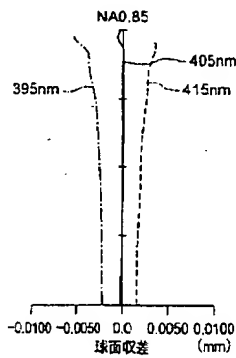
【図 13】

【図 14】



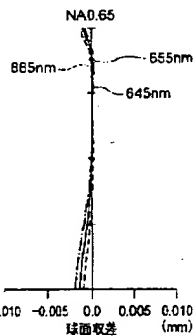
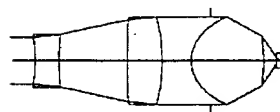
【図 17】

【図 19】



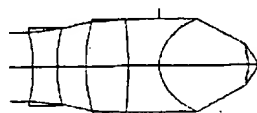
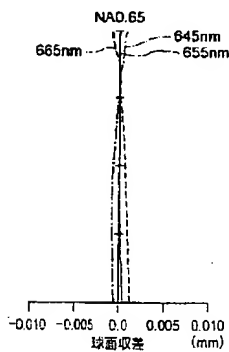
【図 9】

【図 11】

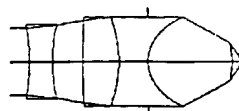


【図 15】

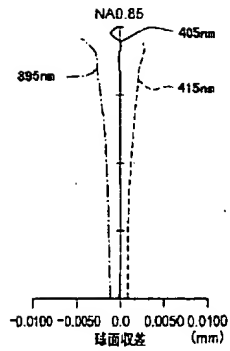
【図 18】



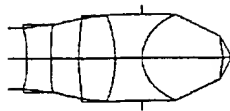
【図 20】



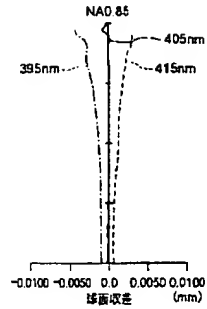
【図 21】



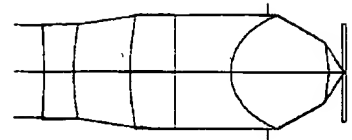
【図 22】



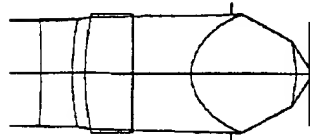
【図 23】



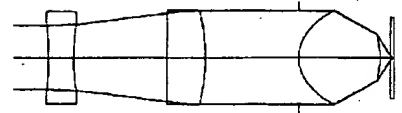
【図 24】



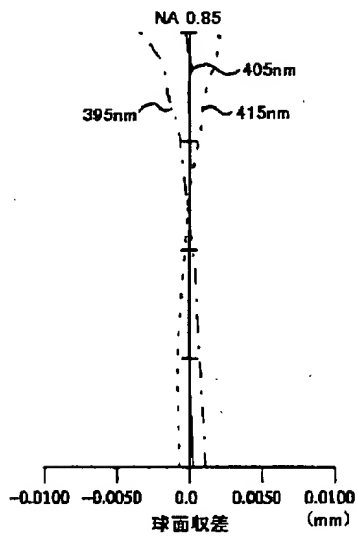
【図 26】



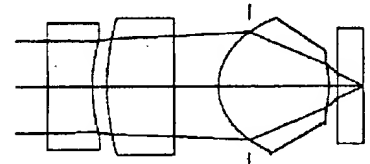
【図 27】



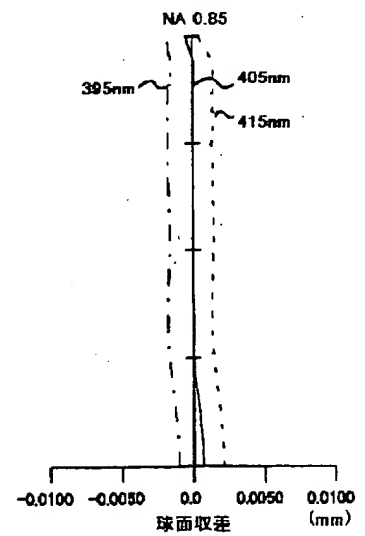
【図 25】



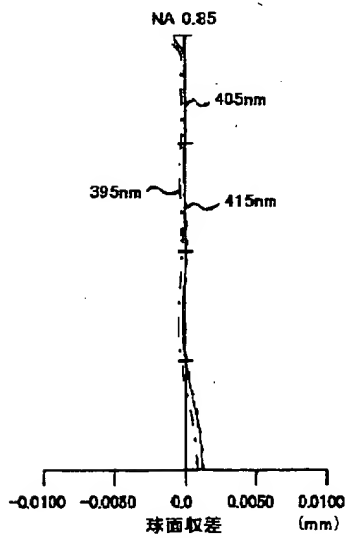
【図 30】



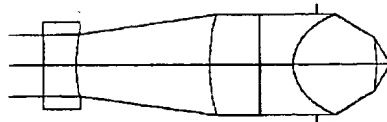
【図 31】



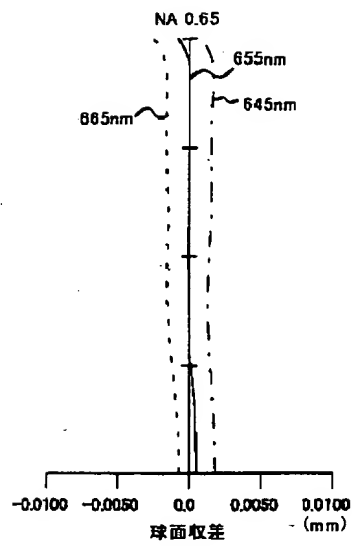
【図 28】



【図 29】



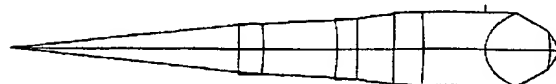
【図 3 2】



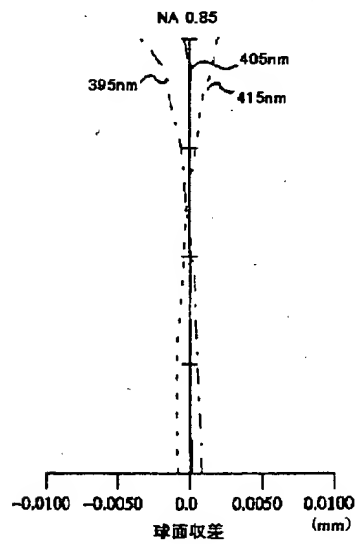
【図 3 3】



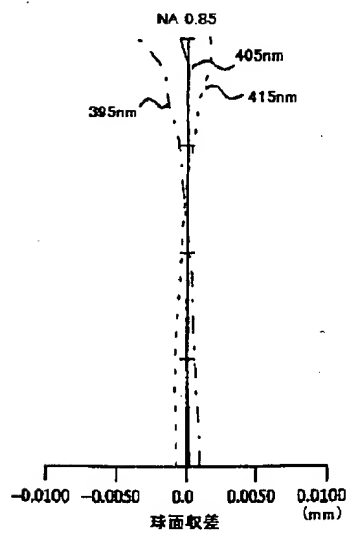
【図 3 5】



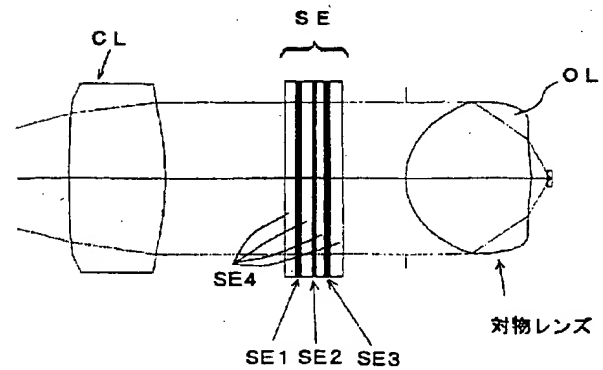
【図 3 6】



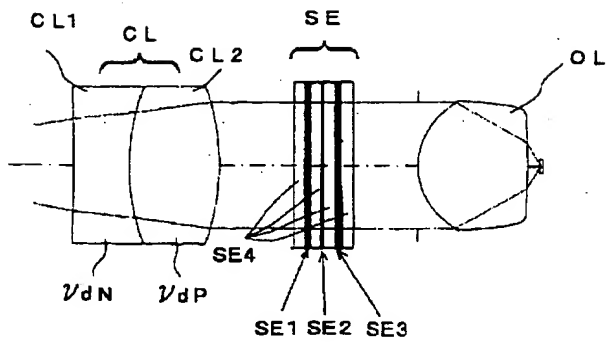
【図 3 4】



【図 3 7】



【図38】



【図39】

